



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“INCREMENTO DEL OEE EN UNA INYECTORA DE PLASTICO BASANDOSE
EN LA REPOTENCIACION DEL SISTEMA DE CONTROL”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por:

ROMMEL ISRAEL GUANO MORENO

MIGUEL ANGEL ROSERO GARZÓN

Riobamba – Ecuador

2015

A nuestro tutor Ing. Jorge Paucar quien nos ha sabido guiar y ayudar en este proceso con sólidos conocimientos para poder llevar acabo el objetivo, a la empresa PARTIPLAST que confió en nuestros conocimientos y nos apoyó totalmente y de la mejor manera, al Ing Marco Viteri por la ayuda y conocimientos brindados a lo largo de nuestro desarrollo de la tesis.

Gracias.

Rommel y Miguel.

Agradezco a mi compañero Miguel por el apoyo, la perseverancia que nos ha llevado a culminar este proyecto tan importante de nuestras vidas. A todos los ingenieros que de una u otra manera nos apoyaron cuando tuvimos problemas, y de manera especial al Ing Jorge Paucar por todo su apoyo.

Rommel.

A todas las personas que hicieron posible este trabajo a mi amigo de tesis que día a día luchamos para conseguir este reto, a nuestros maestros en especial al Ing Jorge Paucar director de tesis que nos brindó apoyo incondicional conjuntamente con el Ing. Marco Viteri nos supieron dirigir por el camino correcto para salir adelante con este proyecto.

Miguel.

Primero a Dios por ayudarme a terminar un gran paso de mi vida con éxito, por su bendición para superar todos los obstáculos que han existido a lo largo de este camino, a mis Padres Salvador y Lucía por el gran sacrificio y paciencia que han tenido conmigo, gracias por haber estado en los buenos pero sobretodo en los malos momentos y darme un consejo para salir adelante, a mis hermanas Saskia y Tania por estar pendientes, y por último a Soledad quien llego a mi vida y me ha apoyado durante los momentos que más he necesitado, gracias a todos y por ustedes he logrado escalar un peldaño más en mi vida, con mucho amor.

Rommel.

El presente trabajo dedico a Dios por
darme la oportunidad de estar aquí
presente y seguir luchando por mis
sueños y anhelos que aún no los he
completado.

A mi familia más cercana que fueron,
son y serán el pilar fundamental en mi
vida que sin ellos no sería posible
realizar y a mi madre que desde el cielo
me ayudó en los momentos más
complicados.

Miguel.

TEXTO DE RESPONSABILIDAD

“Nosotros **GUANO MORENO ROMMEL ISRAEL Y ROSERO GARZÓN MIGUEL ANGEL**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”.

.....

GUANO MORENO ROMMEL ISRAEL

.....

ROSERO GARZÓN MIGUEL ANGEL

INDICE DE ABREVIATURAS

OEE	Eficiencia Global del Equipamiento.
PLC	Controlador Lógico Programable.
HMI	Interfaz Humano Máquina.
GRAFSET	Gráfico de Control, Etapa y Transiciones.
VDC	Voltaje en Corriente Directa.
VAC	Voltaje en Corriente Alterna.
mA	Mili Amperios.
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
MB	Mega Bytes.
CPU	Unidad Central de Proceso.
NPN	Tipo de Transistor.
I/O	Input/Output.
IP	Internet Protocol.
OPC	Estándar de Comunicación.
IDA	Organización del protocolo Modbus TCP.
TCP	Protocolo de transmisión de datos.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.

CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL.....	14
1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2.	JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3.	OBJETIVOS.....	16
1.3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4.	HIPOTESIS.....	17

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	18
2.1.	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	18
2.2.	DEFINICIÓN DE AUTOMATIZACIÓN.....	19
2.3.	EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACION.....	22
2.4.	HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO.....	22
2.5.	LA INDUSTRIA PLÁSTICA ECUATORIANA.....	23
2.6.	REPOTENCIACIÓN DE MAQUINARIA.....	24
2.7.	VENTAJAS DE LA REPOTENCIACIÓN.....	26
2.8.	OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY).....	26
2.9.	ESTADO TÉCNICO.....	27
2.9.1.	INSPECCIÓN.....	27
2.9.2.	REVISIÓN.....	30
2.9.3.	MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA.....	30
2.10.	SISTEMAS DE CONTROL CON PLC.....	37
2.11.	SERVIDOR OPC.....	41
2.12.	MODBUS - TCP.....	44
2.13.	SISTEMA HIDRAULICO.....	45
2.14.	ETAPA DE POTENCIA.....	46
2.14.1.	RED SNUBBER TURN/ON.....	46
2.14.2.	RED SNUBBER TURN/OFF.....	46

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO.....	47
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES.....	47
3.1.1.	PLC TWDLCAE40DRF.....	47
3.1.2.	TWIDO SUITE.....	48
3.1.3.	MODULO DE EXPASION TM2AMM6HT.....	49

3.1.4.	MODULO DE EXPASION TM2AMO1HT.	49
3.1.5.	MODULO DE EXPASION TM2AMI2LT.	50
3.1.6.	HMI BRAINCHILD.	51
3.1.7.	PANEL STUDIO.	52
3.1.8.	BOMBA HIDRAULICA.	53
3.1.9.	VÁLVULA PROPORCIONAL.	54
3.1.10.	VÁLVULA ON/OFF.	54
3.1.11.	LVDT.	55
3.1.12.	TERMOCUPLA.	55
3.1.13.	FINES DE CARRERA.	56
3.1.14.	TRANSISTOR TIP 142.	56
3.2.	ANALISIS SISTEMA ANTIGUO.	57
3.3.	FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA INYECTORA CINCINATTI.	62
3.4.	DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.	65
	DISEÑO TWIDO SUITE.	66
	DISEÑO PANEL STUDIO.	70
3.5.	DISEÑO DEL CIRCUITO DE POTENCIA.	73
3.6.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.	74

CAPÍTULO IV

4.	PRUEBAS Y RESULTADOS.	75
4.1.	ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL.	75
4.2.	COMPROBACIÓN Y VERIFICACION DEL OEE.	76
4.3.	PUESTA A PUNTO Y PRUEBAS DEL NUEVO SISTEMA.	78
4.4.	CUADRO COMP. ENTRE SISTEMA ANTIGUO Y EL SISTEMA ACTUAL.	78
4.5.	TABULACIÓN DE DATOS.	80
4.6.	CONTROL PREDICTIVO.	83
4.7.	ANALISIS DE RESULTADOS.	88

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES.

RESUMEN.

SUMMARY.

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

INDICE DE FIGURAS

Figura II-1: Máquina Inyectora	19
Figura II-2: Tipos de Automatización.	21
Figura II-3: Modelo de Manufactura.	21
Figura II-4: Hoja de Inspección.	29
Figura II-5: Analizador de vibraciones (FLUKE).	32
Figura II-6: Cámara térmica.	33
Figura II-7: Boroscopio.	33
Figura II-8: Estetoscopio.	34
Figura II-9: Analizador de aceite.	34
Figura II-10: Esquematación de un PLC.	37
Figura II-11: Parte externa física de un PLC.	38
Figura II-12: Estructura Compacta PLC.	39
Figura II-13: Estructura Semimodular.	39
Figura II-14: Estructura Modular.	40
Figura II-15: Proyecto.	40
Figura II-16: El problema sin tecnología OPC.	41
Figura II-17: La solución al problema al contar con tecnología OPC	42
Figura II-18: La Arquitectura Cliente /Servidor OPC.	42
Figura II-19: Modbus – TCP.	45
Figura II-20: Sistema Hidráulico.	45
Figura II-21: a). Red Snubber Turn Off, b). Red Snubber Turn On.	46
Figura III-22: PLC	48
Figura III-23: Ambiente Proyecto Twido Suite.	48
Figura III-24: Modulo 4 Entradas Análogas 2 Salidas Análogas.	49
Figura III-25: Módulo de 1 salida analógica.	50
Figura III-26: Módulo de 2 Entradas de Termocupla	51
Figura III-27: HMI Brainchild	52
Figura III-28: Ambiente de Trabajo Panel Studio.	53
Figura III-29: Bomba Hidráulica.	53
Figura III-30: Válvula Proporcional Bosch.	54
Figura III-31: Válvula ON/OFF	54
Figura III-32: Sensor LVDT	55
Figura III-33: Termocupla.	55
Figura III-34: Rangos de Temperatura.	56
Figura III-35: Sensor Fin de Carrera.	56
Figura III-36: TIP 142.	57

Figura III-37: Módulos de Sistema de Control Antiguo	57
Figura III-38: Módulo Análogo de Velocidades.	58
Figura III-39: Módulo de Termocuplas.	58
Figura III-40: Pantalla y Teclado.	59
Figura III-41: Pantalla de Sensores de Temperatura.	60
Figura III-42: Pantalla de Configuración de Tiempos.	60
Figura III-43: Pantalla de Configuración de Inyección.	61
Figura III-44: Pantalla de Lectura de Sensores y Presión	61
Figura III-45: Pantalla Configuración del Clamp.	62
Figura III-46: Cierre de Puerta y CLAMP	63
Figura III-47: Carga.	63
Figura III-48: Inyección.	64
Figura III-49: Apertura del CLAMP y Puerta	65
Figura II-50: Pantalla de selección de modo y molde.	70
Figura III-51: Pantalla de Inicio modo Manual.	71
Figura III-52: Modo Manual y sus opciones.	71
Figura III-53: Selección de datos etapa Inyección	71
Figura III-54: Selección de datos etapa Clamp	72
Figura II-55: Monitoreo de sensores	72
Figura II-56: Modo Automático	72
Figura III-57: Circuito Amplificador de Corriente	73
Figura III-58: Ubicación de Componentes.	73
Figura III-59: Diagrama de Pistas.	74
Figura III-60: Sistema de Reemplazo.	74
Figura IV-61: OEE.	78
Figura IV-62: Disponibilidad.	81
Figura IV-63: Rendimiento.	82
Figura IV-64: Calidad.	83
Figura IV-65: Datos del Motor.	84
Figura IV-66: RPM Motor.	84
Figura IV-67: Control Predictivo Matlab.	86
Figura IV-68: Grafica FT sin Control Predictivo.	86
Figura IV-69: Grafica FT con Control Predictivo.	87
Figura IV-70: Simulación de introducción de Ruido al sistema.	87
Figura IV-71: Grafica FT con Ruido.	88

INDICE DE TABLAS

Tabla IV-I: Valores para cálculo del OEE	77
Tabla IV-II: Comparación Sistema Antiguo y Sistema Actual	80

INTRODUCCIÓN.

Hoy en día se busca que los procesos sean rápidos y se puedan realizar sin pérdida de tiempo, esto implica que la máquina no puede perder tiempo (tiempo muerto).

Mediante el estudio del OEE podemos dar solución a estos inconvenientes puesto que analizaremos los problemas de la máquina en tiempo real proporcionando una salida rápida y precisa para dicho evento.

Existen varios dispositivos que permite controlar, supervisar estos eventos nos enfocaremos en un PLC conjuntamente con un HMI, nos dará una interface más amigable para la solución de dichos problemas.

Nos enfocaremos principalmente en la realización del graficet ya que de este depende que la máquina inyectora sea más eficiente al momento de realizar su ciclo de producción, de esta manera programaremos con tiempos exactos y precisos para mantener una buena línea de producción.

Configuraremos un programa que sea acorde con el HMI para tener un apoyo visual al momento de corregir los errores.

Las pruebas serán experimentales hasta calibrar bien los elementos existentes en nuestro sistema y definir los valores críticos como son: Temperaturas, presiones y tiempo, para con ellos lograr la mejora en la producción.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El desarrollo tecnológico ha evolucionado en sistemas diseñados para la mejorar la forma de vida de los seres humanos y su cultura. Es por eso que se ha desarrollado máquinas para crear objetos de mucha precisión que al ser humano le costaría mucho tiempo y dinero, es así como se han diseñado varios tipos de máquinas hasta llegar a la máquina de inyección de plástico.

La industria plástica ecuatoriana ha incorporado nuevos productos, la inversión en tecnología y el ahorro de materia prima los soportes para crecer, pese al alto costo mundial de la materia prima necesaria para la producción, sin embargo esta industria no se puede desarrollar en su totalidad debido a que la gran parte

de su materia prima no se encuentra en nuestro país y es importada de otros lugares.

La creación de PARTIPLAST, empresa de elaboración y comercialización de elementos plásticos, tiene como fin la producción de armadores plásticos en base a materia prima reciclada y se orienta como una alternativa ecológica y amigable con el medio ambiente para las empresas de lavado de ropa ubicadas en la zona central del país.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

La utilización de este tipo de maquinaria ha permitido que las grandes industrias puedan crecer de una manera considerable, sin embargo existen ciertos inconvenientes que se pueden presentar en dichas máquinas y que en muchos de los casos son difíciles de identificar ya que posee un sistema de control antiguo que está dentro de la máquina y ocasiona varias dificultades luego de pasar su tiempo de vida útil, además representan una pérdida en la producción puesto que en algunas ocasiones se deberá parar hasta encontrar y solucionar el problema.

Este trabajo se justifica plenamente porque se desea aportar con el incremento del OEE (Eficiencia Global de las Instalaciones), en la máquina inyectora de plástico en el cual se basa en un indicador entre la producción realizada en un período de tiempo y la producción máxima realizable en el mismo período de tiempo con la máquina funcionando a velocidad teórica máxima durante este período.

El OEE es una medida porcentual que sirve para calcular la eficiencia de la máquina, esta también es conocida como tasa de retorno total (TTR). El OEE significa por ejemplo si la producción por programación es de 100 piezas, el OEE de una máquina que está al 65% su producción será de 65 piezas reales. El OEE resulta de un producto entre Disponibilidad, Rendimiento y Calidad.

Con este concepto vamos a implementar un sistema de automatización comandado por un PLC, también se añadirán componentes en el tablero de control que se requieran, además de la implementación de un HMI el cual permitirá visualizar el desarrollo de los procesos, detección de fallas de la máquina y el estado actual de funcionamiento, facilitando la operación de la misma con un ambiente más animado y fácil de operar, de esta manera el OEE se incrementara hasta en un 70%.

La implementación de este sistema de control es de gran ayuda para la empresa debido a que el sistema que tiene actualmente provoca paros de producción, además representa un ahorro en el mantenimiento correctivo, para ello utilizaremos la máquina ya existente y mejorarla para que trabaje de manera similar a las modernas aumentando la producción y siendo más confiable.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Incrementar el OEE en una inyectora de plástico basándose en la repotenciación del sistema de control.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Observar el funcionamiento del sistema actual de la inyectora para determinar los procesos a ser controlados.
- Diseñar un sistema de control óptimo para mejorar el rendimiento de la Inyectora al 70%.
- Implementar el sistema de control diseñado para la repotenciación de la inyectora y realizar las respectivas pruebas para comprobar su funcionamiento.
- Realizar una comparación entre el sistema anterior y el sistema de control actual para verificar su mejor desempeño en la producción y OEE.

1.4. HIPOTESIS.

La repotenciación del sistema de control de la máquina Inyectora Cincinnatti incrementará su OEE a un 70%, mejorando su estabilidad de trabajo y producción.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

Las máquinas de inyección de plásticos derivan de la máquina de fundición a presión para metales, el diseño actual de la máquina de moldeo por inyección ha sido influido por la demanda de productos con diferentes características geométricas, con diferentes polímeros involucrados y colores.

Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas, y un ciclo de moldeo corto y preciso.

Desde allí su evolución llega al actual diseño de máquina inyectora la cual se ha desarrollado de una manera en la que puede producir un sin número de elementos los cuales están impregnados en los moldes, solo es necesario un

cambio y tenemos un producto diferente, estas máquinas tienen tiempos establecidos y valores en los cuales se puede aumentar o disminuir su producción sin intervención del operario.

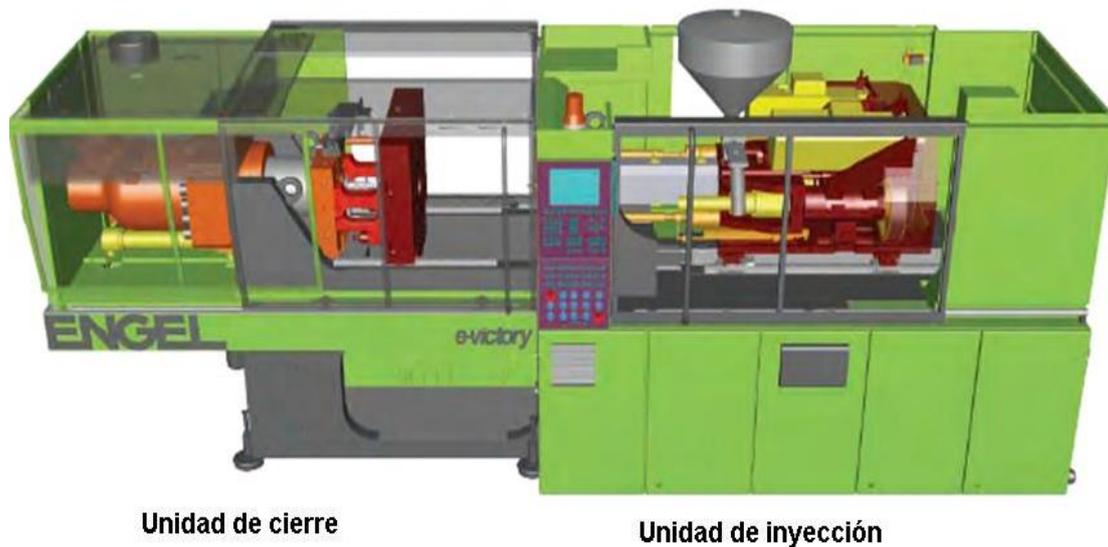


Figura II-1: Máquina Inyectora

Fuente: [http://3.bp.blogspot.com/-](http://3.bp.blogspot.com/-xR92ffJaHpw/TfYsdrPLCsI/AAAAAAAAAWU/Z6T7WkfHgLM/s320/maquina+de+iny.JPG)

[xR92ffJaHpw/TfYsdrPLCsI/AAAAAAAAAWU/Z6T7WkfHgLM/s320/maquina+de+iny.JPG](http://3.bp.blogspot.com/-xR92ffJaHpw/TfYsdrPLCsI/AAAAAAAAAWU/Z6T7WkfHgLM/s320/maquina+de+iny.JPG)

2.2. DEFINICIÓN DE AUTOMATIZACIÓN.

Es un control de uno o varios procesos por medios automáticos los cuales derivan en una manera de uso fácil para el usuario. [1]

Para realizar esta automatización debemos partir de un sistema de control óptimo para que se realice una adecuada mejora del proceso.

La automatización está relacionada con varios temas entre los más comunes estas los mecánicos y electrónicos los cuales requieren de un ordenador para

crear y posteriormente ejecutarlos a continuación se presenta una lista donde se aplica más este campo:

- Máquinas para procesar piezas.
- Máquinas para ensamblar.
- Sistemas automáticos para manejo, inspección y almacenamiento.
- Procesos de retroalimentación controlados por HMI o computadora.

En estos sistemas, la función principal es la de planear y recolectar información de manera que lleven a procesos de manufactura. Por lo general estos sistemas son utilizados en industrias de metal, mecánica, automotriz, línea blanca, entre otras. [2]

Una de las principales razones para realizar la automatización de un sistema es el de mejorar los procesos ya sea en una línea de ensamblaje o en una máquina, con este proceso se mejora la calidad del producto, la precisión y sobre todo la mejora de tiempos que conlleva realizar dicho proceso.

Existen diferentes tipos de automatización una de ellas es en la cual el sistema que vamos a emplear está diseñado con la capacidad de reprogramarse dependiendo de las condiciones y los factores que influyan en el proceso, existen procesos que están diseñados para producir diferentes productos dependiendo de qué tipo sea el requerido por el operario.

En la Figura 2 se detalla la relación entre los volúmenes de producción en relación a la variedad de productos que oferta.

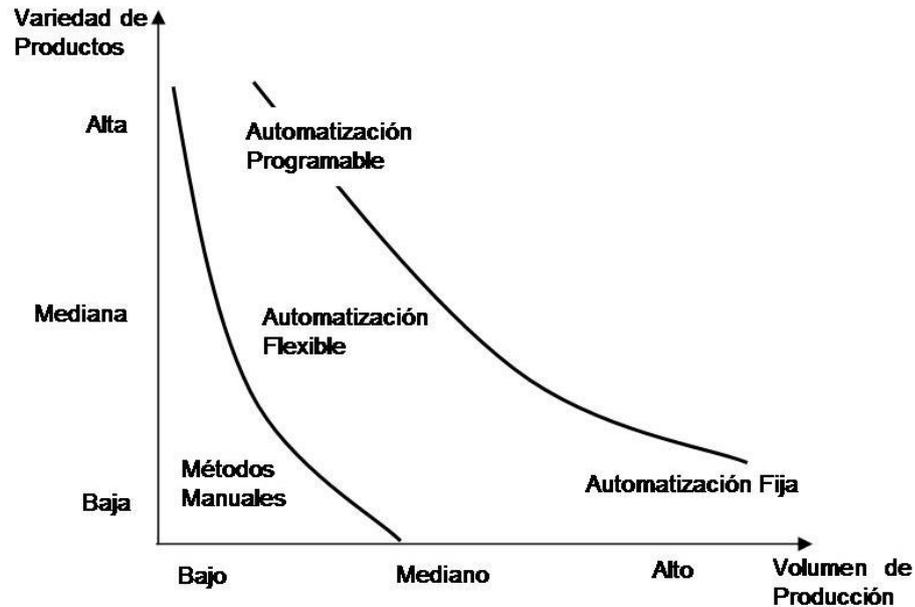


Figura II-2: Tipos de Automatización.

Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/-JiZmfh9wyqA/T0U0yncT1yI/AAAAAAAAACw/0K840akeAH8/s1600/tipos+de+automation.jpg>

El modelo de manufactura ha cambiado, con esto se ha integrado un nuevo proceso de control, este sistema se ha implementado para que la computadora controle los tiempos de producción y los diseños de la producción.

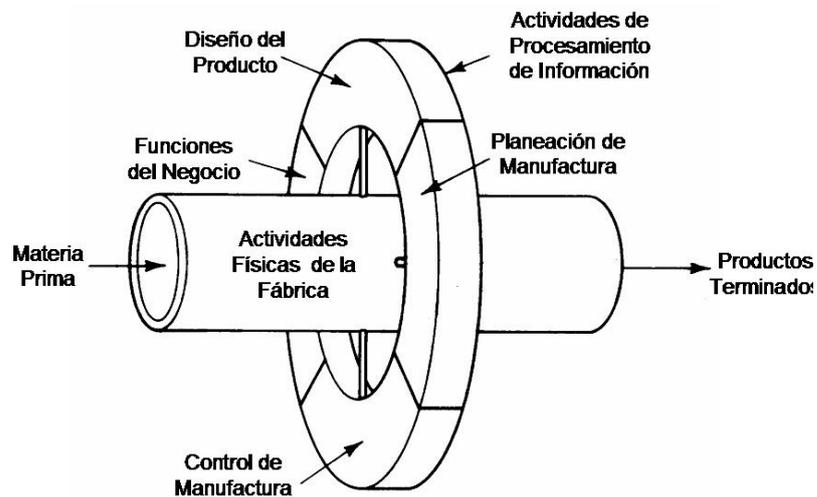


Figura II-3: Modelo de Manufactura.

Fuente: http://3.bp.blogspot.com/-HlBtot-I_ME/T0U1ERDNTbl/AAAAAAAAAC4/53vY7421obc/s1600/modelos+de+manufact.jpg

2.3. EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACION.

Esta evolución se da a partir de la evolución de los sistemas de control, es decir proporcionar una gran flexibilidad y un elevado nivel de autonomía. Un sistema de control es muy adaptable, pero descansa en la supervisión humana.

Las máquinas industriales de hoy en día se perciben bastante autónomas, una vez programadas no requieren ninguna otra intervención. Debido a sus limitaciones sensoriales, estos sistemas robóticos tienen una flexibilidad limitada para adaptarse a cambios en el entorno de trabajo que es la motivación de la investigación de visión por computador.

Las áreas de investigación se concentran en inteligencia artificial, integración sensorial, visión por computador y programación CAD/CAM fuera de línea que harán los sistemas más universales y económicos. [3]

2.4. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO.

El primer diseño de máquina inyectora se desarrolló en Estados Unidos en el año 1980, la primera máquina inyectora se diseñó en Alemania en 1920 era una máquina totalmente manual.

Las máquinas inyectoras evolucionaron hasta un punto en el cual se dieron cuenta de que la manera más viable para la inyección debió ser mediante un sistema hidráulico debido a que con este se podría tener una presión constante.

Con este antecedente, las máquinas inyectoras fueron creadas para diferentes tipos de inyección como son: Expandido, Soplado e Inyección.

En la actualidad las máquinas inyectoras son totalmente automáticas, por lo general no requiere de la presencia de operador, las máquinas en muchos de los casos trabajan las 24h los 7 días de la semana, en estas fábricas la carga de material también se da de una manera autónoma para no perder tiempo.

Los elementos producidos por las máquinas inyectoras van desde la tapa de una botella hasta la inyección de una muñeca, existe un sin número de elementos que se fabrican y una de las ventajas es que la mayoría de la materia prima con la que se fabrican es con material reciclado.

En el caso nuestro la máquina produce armadores de plástico los cuales son fabricados con materia prima reciclada, ya sea de sillas rotas y demás elementos plásticos dañados, los cuales antes de usarlos son triturados para poder convertirse en materia prima, debido a que el uso de materia prima nueva es una inversión más alta y además es perjudicial para el medio ambiente ya que se introduce más plástico al mundo.

2.5. LA INDUSTRIA PLÁSTICA ECUATORIANA.

La industria ecuatoriana se ha desarrollado favorablemente teniendo un importante crecimiento a nivel nacional, esta industria nace en la ciudad de Guayaquil debido a la existencia del puerto marítimo y su comercialización.

La gran parte de estas se encuentran en Guayaquil, actualmente existe una Asociación de Plásticos de Ecuador, ASEPLAS, fundada en Guayaquil hace más de 25 años.

Actualmente se calcula que en el país existe un aproximado de 350 empresas considerando las pequeñas y las grandes, de las cuales solo un 20% son socias de ASEPLAS, y un poco más del 10% de estas empresas cubren la demanda del país.

La industria plástica ha evolucionado favorablemente es así como varias empresas se ha convertido en multinacionales exportando productos, las fábricas producen botas, juguetes y demás, las cuales están entre las principales fábricas de nuestro país.

2.6. REPOTENCIACIÓN DE MAQUINARIA.

Repotenciación es una reconstrucción tanto mecánica como electrónica la cual persigue un objetivo en especial que es la de mejorar las prestaciones originales del equipo de esta manera se aumenta el producto, tiempo, calidad con que se fabrica dicho producto igualmente de ahorros en el presupuesto de fabricación.

En esta actividad se considera la transformación y adaptación de nuevos requerimientos ya que la actual maquinaria no está dotada de este sistema realizando cambios más vistosos en la parte de mainboard para que cumpla con los requerimientos de la fábrica.

Este estudio se convierte en una opción muy buena para el reemplazo o la actualización de una máquina antigua con elementos de última tecnología para así aprovechar los beneficios que tiene el gobierno para con las empresas por importación de tecnología de esta manera la maquinaria que está quedando obsoleta podrá volver a producir sin tanto capital, en la mayoría de los casos las máquinas están en buen estado y así de esta manera aumentar la eficiencia en

la empresa a lo que se refiere a productividad generando más utilidades y abaratando costos de fabricación.

La repotenciación de una máquina en la empresa está en conformidad a la tecnología a la que se pueda acceder y más a la tecnología que la máquina pueda soportar, al igual que hace 30 años las máquinas vienen muy bien desarrolladas en su parte mecánica pero a nivel de control automático han evolucionado es decir su parte de control electrónico es mucho más sofisticado y fácil de manejar.

En este sentido se puede acceder a una repotenciación o retrofit que no es otra cosa que implantar un nuevo sistema de automatización para lo cual se cambian las partes que ya no sirven por unas nuevas de la misma funcionalidad y las que funcionan se las conserva.

Mientras que el sistema de control se lo actualiza con manipuladores eléctricos, sensores, control numérico, PLC, software, test de robos automáticos y que sean más amigables con el medio ambiente, ahora bien las preguntas que surgen al momento de repotenciar son:

Como vamos a repotenciar?

Cuál es el tipo de repotenciación más adecuada para la máquina?

Me dará ventaja al repotenciar?

Cual son sus ventajas?

Estas son las primeras preguntas que nos surgen de ahí hasta que se culmine el proceso nos aparecerán muchas preguntas más.

2.7. VENTAJAS DE LA REPOTENCIACIÓN.

Al repotenciar un sistema las ventajas básicas en un proceso como este son las siguientes:

- Mayor disponibilidad y mayor productividad.
- El modo de manejo mucho más fácil.
- Programación orientada a objetos.
- Procesos más rápidos debido a la reducción de tiempos innecesarios.
- La precisión en los procesos mucho mayor. [4].

2.8. OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY).

De sus siglas en inglés Eficiencia Total de los Equipos, la maquinaria en general está diseñada para trabajar de una manera óptima pero, con el desgaste del trabajo los daños sufridos por varios motivos ya sean mecánicos, eléctricos, neumáticos o hidráulicos, es necesario estar pendiente y llevar un control del trabajo que desarrolla nuestra máquina para así poder determinar los errores que en ellas hay.

El OEE nos permite verificar ciertos parámetros como son: disponibilidad, rendimiento y calidad. Para los cuales debemos tener en cuenta varios factores; como por ejemplo no podemos trabajar a máxima velocidad debido a que van a

existir más fallos en la producción, por eso se debe llevar un registro de máquina que verifique los productos defectuosos y el tiempo de producción.

2.9. ESTADO TÉCNICO.

2.9.1. INSPECCIÓN.

Existen dos clases de inspecciones:

- Informales.
- Planeadas.

INSPECCIONES INFORMALES

También conocidas con inspecciones no periódicas son realizadas sin ninguna clase de guía un checklist, este tipo de inspección se la puede hacer en cualquier parte de la fábrica además no requiere de un informe final.

INSPECCIONES PLANEADAS

Estas actividades son propias para identificar los peligros, evaluar los riesgos para que de esta manera no se generen accidentes que conlleven al ausentismo del personal.

La frecuencia con las que se realiza es delimitada a un programa de inspecciones el cual se lo realiza al comienzo del año además se necesita un checklist para saber que se va a inspeccionar.

De esta manera se puede evaluar lo que se está haciendo por la empresa relacionando las anteriores inspecciones con la actual para ver el mejoramiento.

Con respecto al informe se lo presentará declarando cada riesgo y los posibles correctivos para luego hacer la ejecución de los mismos y finalmente se los archivará.

CARACTERISTICAS DE LAS INSPECCIONES.

- No son periódicas.
- Pueden realizarse sin una guía o lista de verificación.
- La responsabilidad de su ejecución puede recaer en cualquier nivel.
- No requieren de un informe.

Lo categorizamos en tres niveles:

- Sin defecto.
- Defecto leve.
- Defecto grave.

MEDIDAS DE SEGUIMIENTO

- Controle el presupuesto de recursos.
- Garantice acciones oportunas.
- Evalúe progreso de la actividad.
- Verifique efectividad de los controles.

INFORME DE INSPECCION.

- Clasifique cada peligro.
- Incluya causas básicas y correctivos por riesgo.
- Mantenga archivo. [5]

2.9.2. REVISIÓN.

Una de las mejores armas para prevenir riesgos dentro de la empresa es eliminar los generados por instalaciones y equipos es seguir los procedimientos.

Los manifiestos que se pueden presentar son por instalaciones mal hechas, por el diseño, por la antigüedad y mucho más es el riesgo si los equipos no se los ha dado un mantenimiento continuo. El sistema de automatización garantiza actuar ante estos fallos asegurando su rendimiento y alargando su vida útil, minimizando las posibles averías que dan como resultado el mal funcionamiento de los mismos.

Su principal objetivo es establecer las normas para evaluar periódicamente tanto a las condiciones como a los elementos que pueden poner en riesgo al personal de la fábrica, al implementar esto estamos reduciendo o minimizando dichos riesgos garantizando bienestar de los trabajadores

El alcance se define por los trabajos, estos siempre deben ser planificados y dependen mucho de esto para que el funcionamiento sea óptimo y no se genere condiciones peligrosas las cuales pueden afectar al sistema de control de la máquina o al trabajador de esa área donde se realiza dicha revisión. [6].

2.9.3. MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA.

Hay muchas formas de mantenimiento pero las que vamos a considerar en nuestro caso son las siguientes:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.

- Mantenimiento correctivo.

Mantenimiento Preventivo.

Es perseguir el óptimo funcionamiento de todas las partes de la máquina, previniendo fallas inesperadas de la misma garantizando productos de calidad con la mayor seguridad. El mantenimiento preventivo es una técnica científica que se aplica a la industria, va dirigida en general a todas las instalaciones mecánicas y eléctricas. Se lo realiza de forma periódica permitiendo disminuir paros imprevistos en la producción la cual es muy perjudicial para la empresa.

Ventajas.

- Disminuye el tiempo inactivo, hay menos paros imprevistos.
- Disminuye los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento en ajustes ordinarios y en reparaciones en paros imprevistos.
- Aumento de capital ya que se aumenta la vida útil del equipo.
- Aumenta la seguridad de los trabajadores (área de trabajo más segura).

Alcance.

En general un mantenimiento preventivo hay que realizarlo en tiempos programados con el jefe del área de esta manera no se perderá tiempo al contrario se lo ganara al mantener una máquina en buen estado.

Para optar por este tipo de mantenimiento hay que hacer un análisis de las descomposturas que tiene dicha máquina, del número de horas que se pone en funcionamiento y de la frecuencia con que dicha máquina puede funcionar sin

tener que repararla. Considerando estos aspectos se puede establecer el tiempo más prudente para dar un mantenimiento preventivo.

Mantenimiento Predictivo.

Relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina esto quiere decir que este tipo de mantenimiento se realizará de tal manera que se pueda predecir fallos en la maquinaria, esto se aplica mediante equipos que miden valores los cuales se los analiza y se aplica técnicas predictivas.

A diferencia de otros tipos de mantenimiento en este no siempre se realiza el desmontaje de las piezas, en general son técnicas no invasivas. Los recursos que más se utilizan en este tipo de mantenimientos son los visuales y lectura de indicadores aunque estas no se consideren técnicas predictivas.

Análisis de vibraciones

Esta técnica es la más óptima si se analiza a equipos rotativos mediante un analizador de vibraciones.



Figura II-5: Analizador de vibraciones (FLUKE).

Fuente: <http://hi-techautomatizacion.com/analizador-de-vibraciones-810-fluke/>

Termografía.

Relación de temperatura con el objeto al cual se está midiendo para determinar si necesita un mantenimiento preventivo el cual se lo realiza mediante una cámara térmica.



Figura II-6: Cámara térmica.

Fuente: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-temperatura/camara-termica-serie-flir-i.htm>

Inspecciones Boroscópicas.

Son inspecciones visuales en sitios inaccesibles de esta manera se logra dar con la falla antes de que esta pase.



Figura II-7: Boroscopio.

Fuente: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-de-medida/medidor/boroscopio-kat_70030_1.htm

Estetoscopio.

Es un instrumento para poder oír los sonidos internos de un cuerpo en el caso del mantenimiento se usa para identificar los posibles daños en un motor.



Figura II-8: Estetoscopio.

Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/estetoscopio-rodamientos-169-2614429.jpg

Análisis de aceite.

De esta manera se puede analizar si la máquina está sufriendo de un desgaste en sus piezas.



Figura II-9: Analizador de aceite.

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/baltech-gmbh/analizadors-perdidas-aceite-resistividades-conductividad-116145-1424711.html>

Ventajas

- Reducir el stock de las piezas ya que se previene el fallo y no necesita adquirir uno nuevo.
- Evita los paros innecesarios en la producción ya que no esta no se dañaría.
- Ahorra mucho dinero si esto se realiza de forma apropiada.

Mantenimiento Correctivo.

Este tipo de mantenimiento se lo realiza después de haber ocurrido el fallo para corregirlo, existen dos tipos de mantenimiento correctivo:

- Mantenimiento correctivo planificado.
- Mantenimiento correctivo no planificado.

Mantenimiento correctivo planificado.

Engloba distintas actividades con el fin de llevar acabo un óptimo desarrollo de la maquinaria su objetivo como el de todos los mantenimientos es corregir los percances que tenga dicha máquina para evitar pérdidas de tiempos innecesarios y en sí de este tipo de mantenimiento, es de ajustar la programación del equipo para desarrollar las tareas en el momento menos perjudicial para la producción.

Este tipo de mantenimiento comprende tres subtipos:

- Mantenimiento basado en tiempo.
- Mantenimiento basado en condiciones.

- Mantenimiento basado en averías.

Mantenimiento correctivo no planificado.

También conocido como mantenimiento correctivo de emergencia este se lleva a cabo con mayor rapidez ya que se juega con el capital de la empresa directamente y si no son corregidos se pueden agravar y complicar a equipos y personas.

El mantenimiento correctivo resulta aplicable en:

- En sistemas electrónicos en los cuales es difícil el acceso a placas electrónicas y otros procesos donde no se puede perder mucho tiempo sin afectar la integridad de las personas.
- En equipos donde su vida útil ya ha sido superada, en estos casos son más propensos a que ocurra una falla inesperada y justo en el momento menos oportuno debido a la exigencia puesta al equipo considerando su antigüedad.

Desventajas

- Debe contar siempre con un capital de emergencia para reponer un equipo o pieza según se haya presentado la acción.
- Mucho tiempo desperdiciado ya que no se contaba con esa falla.
- No tener el proveedor en ese momento la pieza o equipo.

Ventajas

- No es necesario programar ni prever ninguna actividad.

- Solo se gasta dinero cuando se necesita hacerlo.
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico.

2.10. SISTEMAS DE CONTROL CON PLC.

En 1960 aproximadamente la industria sufrió un impulso importante con la llegada de los Controladores Lógicos Programables (PLC) también denominado “WORK HORSE” de la automatización industrial, el Controlador Lógico Programable surgió como una solución al control de circuitos complejos de automatización permitiendo regular la secuencia y controlar el tiempo en los procesos de producción o control. En un nivel básico, los PLC son programados en forma simple por código ensamblador.

En años recientes los PLC's han venido hacer más sofisticados. Cabe indicar que en estos tiempos la escala lógica es la forma estándar para describir un programa de PLC; los PLC tienen cuatro unidades principales:

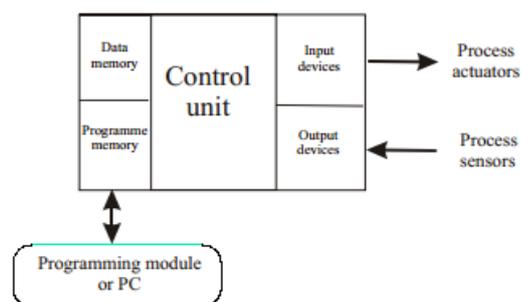


Figura II-10: Esquematización de un PLC.

Fuente: <http://www.unge.gq/ftp/biblioteca%20digital/PLC.pdf>

La memoria programable: En esta unidad se almacena el programa escrito por el usuario para su aplicación. Estas son siempre de tipo RAM batería o EPROM/EEPROM.

La memoria de Datos: En esta se encuentra alojado las condiciones de los cambios, interbloqueo, y otros valores de trabajo.

Los dispositivos de salida: Son los controladores de hardware/software para los sensores de los procesos industriales como motores y válvulas de cambio de estado, detectores de proximidad, ajuste de bloqueo y más.

FUNCIONES DE UN SISTEMA PLC

Entre estos tenemos:

- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a las instrucciones programadas.
- Generar ciclos de tiempo.
- Almacenar datos en la memoria.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales
- Comunicarse con otros sistemas externos.

EXTRUCTURA EXTERNA DE UN PLC

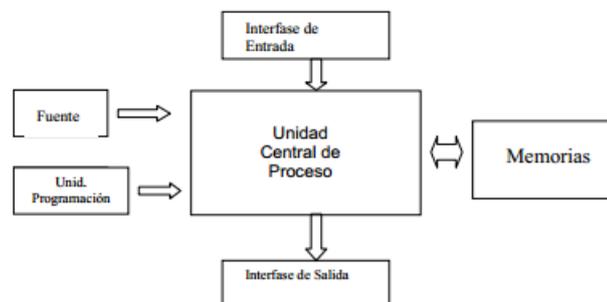


Figura II-11: Parte externa física de un PLC.

Fuente: [http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%](http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf)

Actualmente existen tres estructuras significativas:

1.- Estructura Compacta: Este tipo de PLC son de gama baja o nano autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, entre ellos tenemos la fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas y salidas.



Figura II-12: Estructura Compacta PLC.

Fuente: <http://www.schneider-electric.com/products/ar/ls/MEDIA-204522?width=250&height=250>

2.- Estructura Semimodular: Este tipo de PLC son de gama media y se caracterizan por separar las entradas y salidas del resto del Controladores Lógico Programable. Es decir que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario, y separadamente de las unidades de E/S.



Figura II-13: Estructura Semimodular.

Fuente: <http://automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/Presentaci%C3%B3n%20P.L.C..pdf>

3.- Estructura Modular: Este tipo de PLC son de gama alta permitiendo gran flexibilidad en su constitución. Se caracteriza por tener un módulo para cada uno de los diferentes elementos que compone un Controlador lógico programable.

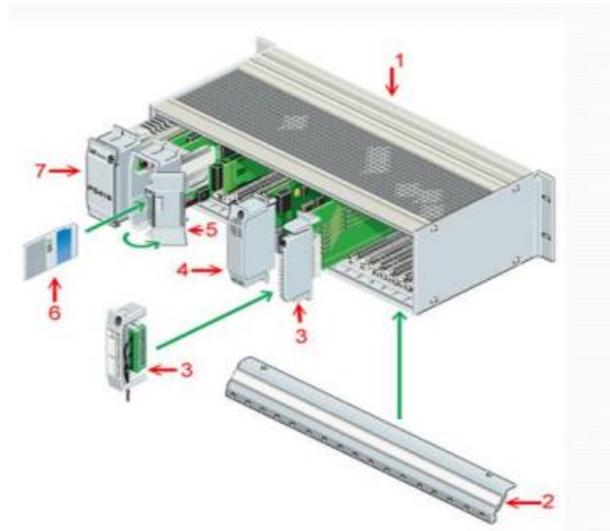


Figura II-14: Estructura Modular.

Fuente: <http://automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/Presentaci%C3%B3n%20P.L.C..pdf>

1. Rack.
2. Barra de Compensación de potencial.
3. Tarjeta de E/S.
4. Tarjeta de Comunicación.
5. CPU.
6. Tarjeta de memoria.
7. Tarjeta de fuente de alimentación.

DESARROLLO DE UN PROYECTO CON PLC

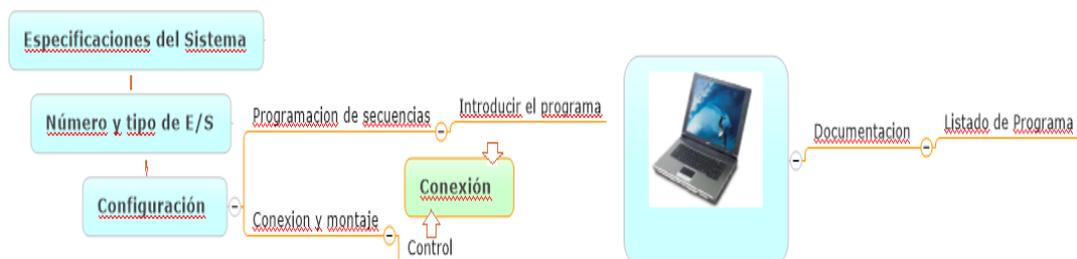


Figura II-15: Proyecto.

Fuente: Autores.

2.11. SERVIDOR OPC.

Un servidor OPC (OLE for Process Control) es un estándar de comunicación perteneciente al campo de control y supervisión de procesos industriales. Este estándar permite por un lado, la comunicación de una o más fuentes de datos utilizando sus protocolos nativos entre los cuales tenemos a los PLC's, DCS's, Módulos de E/S, controladores entre otros, y por el otro lado tenemos típicamente SCADA'S, HMI's con CLIENTE OPC.

OPC es destinado para la conectividad de datos ya que está disponible de forma gratuita para el fabricante del dispositivo como del desarrollador de la aplicación abierta; es basado en una serie de especificaciones OPC gestionadas por la OPC Foundation.

OPC surge como una solución ante la problemática de compatibilidad, inconsistencias entre fabricantes y conflictos de acceso a los mismos. En las siguientes figuras se muestra porque es necesario OPC y como lo resuelve para un mayor entendimiento.

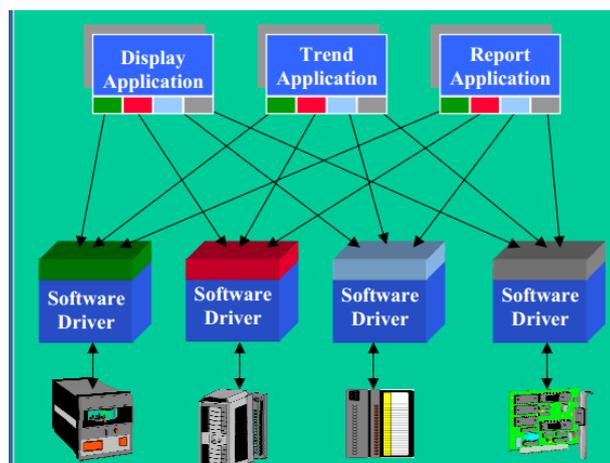


Figura II-16: El problema sin tecnología OPC.

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/OPC>

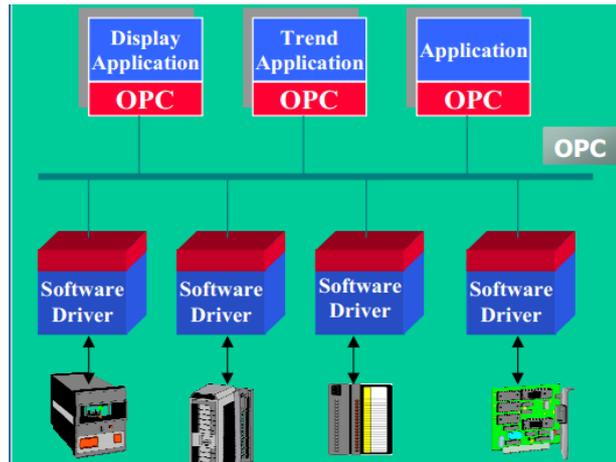


Figura II-17: La solución al problema al contar con tecnología OPC

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/OPC>

ARQUITECTURA OPC

Una arquitectura OPC se refiere a la infraestructura de comunicación existente entre Clientes OPC y Servidores OPC

El Servidor se encarga de ofrecer datos mientras que el cliente accede a esos datos.

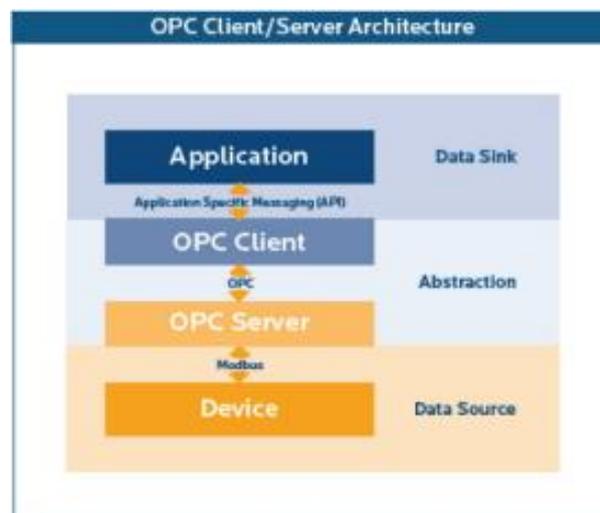


Figura II-18: La Arquitectura Cliente /Servidor OPC.

Fuente: http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infopl_net_guia_para_entender_la_tecnologia_opc.pdf

TIPOS DE DATOS DE OPC

La información más común enviada entre dispositivos, y sus respectivos controladores se citan a continuación con su respectiva especificación dada por OPC Foundation.

- Datos de tiempo real=> OPC Data Access Specification (OPC DA).
- Datos Históricos=> OPC Historical Data Access. (OPC HDA).
- Alarmas y eventos=> OPC Alarms& Events Specification (OPC A&E).

De las anteriormente nombradas cada una soporta una innumerable gama de información, estos pueden ser de tipo entero, flotante, cadenas y distintos tipos de arrays.

FUNCIONALIDAD OPC

Las primeras versiones de OPC están enfocadas principalmente en:

- **Acceso de datos en línea.-** Esto se refiere a que la lectura y escritura entre una aplicación y un dispositivo de control sea eficiente.
- **Acceso a Datos Históricos.-** Este tiene que ver con la lectura, procesamiento y redacción de datos históricos.
- **Manejo de Alarmas.-** Se relaciona con el Cliente OPC quien es notificado por medio de mecanismos de las condiciones específicas y alarmas.

VENTAJAS DE IMPLEMENTAR OPC A NIVEL INDUSTRIAL

- Los costos de desarrollo de sistemas de aplicación serán menores, dado que se trabaja en una plataforma universal (OLE/COM).

- Integración de múltiples plataformas entre ellas tenemos: WINDOWS, LINUX, UNIX entre otros.
- Permite un desarrollo comunicacional dentro de redes LAN, WAN así como también la exportación de datos al Internet.
- Integración de distintas Tecnologías de diferentes fabricantes dentro de un mismo sistema.

DESVENTAJAS DE IMPLEMENTAR OPC A NIVEL INDUSTRIAL

- Una de las desventajas importantes dentro de OPC es la seguridad. Ejemplo de ello es que los fabricantes de Buses de Campo, han desarrollado Gateways para interconectar sus protocolos propietarios a través de redes Ethernet llamando así la atención personas maliciosas que pueden entrar a gestionar el nivel de procesos provocando grandes problemas en el sistema.
- Otro de los problemas que enfrenta OPC es que hoy en día se están desarrollando programas ejecutables en base a OLE/COM/DCOM, y también el ingreso a sistemas de redes WAN, exponiendo de esta manera a la comunicación OPC.

2.12. MODBUS - TCP.

Modbus fue creada originalmente por la empresa Modicom y hoy en día es administrado por los usuarios de Modbus – IDA.

Es un protocolo abierto de comunicación Maestro/Esclavo que puede ser utilizado en diferentes dispositivos que trabajen sobre la capa física. Modbus - TCP significa que el protocolo Modbus es usado en la trama de Ethernet –

TCP/IP. Este es un protocolo de mensajería de la capa de aplicación posicionado en el nivel 7 del modelo OSI. [7].

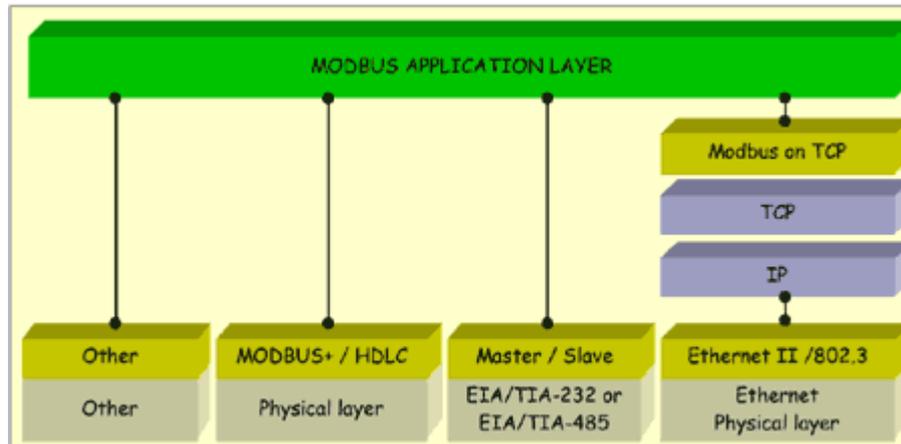


Figura II-19: Modbus – TCP

Fuente: <http://www.anybus.com/technologies/modbustcp2.shtml>

2.13. SISTEMA HIDRAULICO.

La hidráulica es la ciencia que forma parte la física y comprende la transmisión y regulación de fuerzas y movimientos por medio de los líquidos. Cuando se escuche la palabra “hidráulica” hay que remarcar el concepto de que es la transformación de la energía, ya sea de mecánica o eléctrica en hidráulica para obtener un beneficio en términos de energía mecánica al finalizar el proceso. [8].

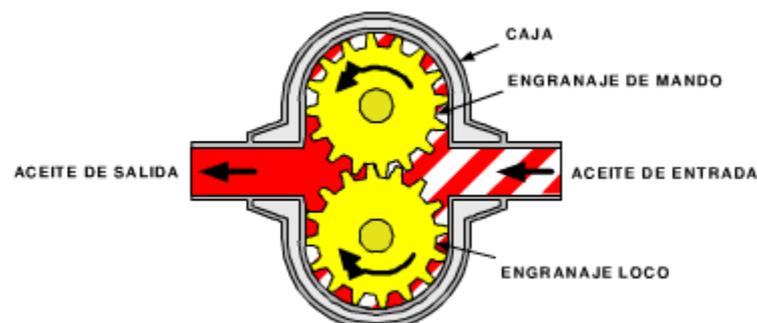


Figura II-20: Sistema Hidráulico.

Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%201.pdf>

2.14. ETAPA DE POTENCIA.

RED SNUBBER

Hoy en día hay circuitos de conmutación conocidos como redes SNUBER, estos son responsables de cuidar a los circuitos de potencia en encendido y apagado.

Son considerados como un conjunto de componentes activos y pasivos que son implementados en conjunto con los circuitos de potencia para reducir el estrés durante la activación o desactivación y mantenerlo en una zona segura de trabajo. [9].

Existen 2 tipos de Red Snubber:

2.14.1. RED SNUBBER TURN/ON.

Es una red de conmutación que ayuda para el encendido del circuito.

2.14.2. RED SNUBBER TURN/OFF.

Es una red de conmutación que ayuda para al apagado del circuito.

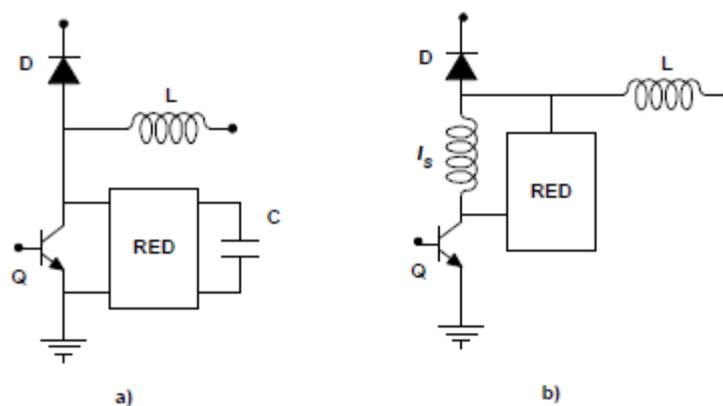


Figura II-21: a). Red Snubber Turn Off, b). Red Snubber Turn On.

Fuente: <http://pels.edv.uniovi.es/pels/pels/Pdf/Leccion%20Snubbers.pdf>

CAPÍTULO III

3. DISEÑO.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES.

Para realizar la repotenciación del sistema de control de la máquina detallaremos los materiales que utilizamos y algunas de las válvulas que se utilizaron para el diseño y el diagrama del tablero.

3.1.1. PLC TWDLCAE40DRF.

El PLC TWDLCAE40DRF es un controlador lógico programable de la compañía Schneider Electric de la familia TWIDO, este PLC consta de 24 Entradas digitales y 14 salidas 2 por Transistor y 14 por Relé¹.

Características:

¹ Relé: es un dispositivo electromecánico que funciona como un switch para conmutación.

- Soporta 7 módulos de ampliación.
- Las salidas a Relé y Transistor son de 24VDC.
- Las entradas son de 24VDC.
- Se polariza con 110 o 220 VAC.



Figura III-22: PLC

Fuente: http://pdf.schneider-electric.nu/files/partnumbers/TWDLCAE40DRF_document.pdf

3.1.2. TWIDO SUITE.

Es el software para la programación, este PLC es de gama media la forma de programación se la realiza mediante graficet, posee comunicación serial y Ethernet.

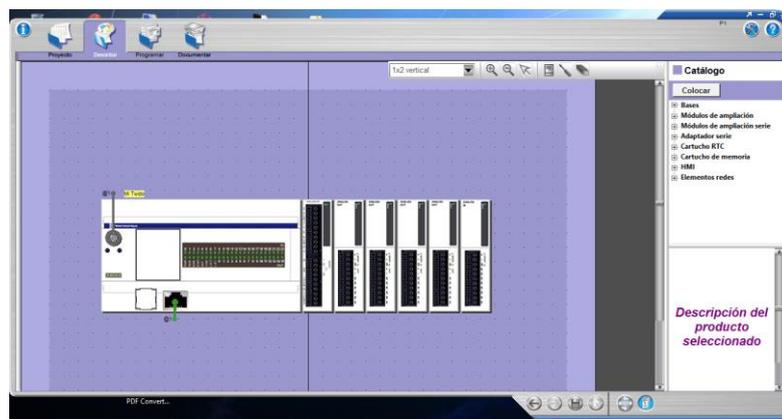


Figura III-23: Ambiente Proyecto Twido Suite.

Fuente: Autor.

3.1.3. MODULO DE EXPASION TM2AMM6HT.

Módulo de expansión de 4 entradas análogas y 2 salidas análogas, este módulo se utilizó para las 3 entradas analógicas enviadas desde los 3 LVDT² de la máquina como son LVDT INYECCION, LVDT CLAMP, LVDT EXPULSORES, las salidas análogas fueron ocupadas para el comando de las válvulas análogas presentes en la máquina, un total de 6 Válvulas.

Características:

- Entradas de 0-10 VDC.
- Salida de 0 – 10 V o 4 – 20 mA.
- Voltaje de alimentación 24 VDC.



Figura III-24: Modulo 4 Entradas Análogas 2 Salidas Análogas.

Fuente: http://pdf.schneider-electric.nu/files/partnumbers/TM2AMM6HT_document.pdf

3.1.4. MODULO DE EXPASION TM2AMO1HT.

Módulo de expansión de 1 salida analógica.

² LVDT: sensores inductivos para calcular distancia.

Características:

- Salida de 0 – 10 V o 4 – 20 mA.
- Voltaje de alimentación 24 VDC.



Figura III-25: Módulo de 1 salida analógica.

Fuente: http://pdf.schneider-electric.nu/files/partnumbers/TM2AMO1HT_document.pdf

3.1.5. MODULO DE EXPASION TM2AMI2LT.

Módulo de expansión de 2 entradas para Termocupla tipo T, J, K.

Características:

- Voltaje de alimentación 24 VDC.
- - 200...760 °C Termocupla tipo J.
- - 270...1370 °C Termocupla tipo K.
- - 270...400 °C Termocupla tipo T.



Figura III-26: Módulo de 2 Entradas de Termocupla

Fuente: http://pdf.schneider-electric.nu/files/partnumbers/TM2AMI2LT_document.pdf

3.1.6. HMI BRAINCHILD.

Es la interfaz hombre máquina con la que realizamos la configuración de nuestra máquina, esta interfaz ha sido programada de tal manera que se pueda manipular los tiempos, velocidad y demás aspectos importantes.

Características:

- Ethernet y ranura para tarjetas SD
- Panel Táctil, mayor resolución y todo en 65536 colores.
- Puerto USB, 2 puertos serie.
- Redes como Profibus-DP, PROFINET, DeviceNet y EtherNet / IP, CANopen, EtherCAT y CC-Link.
- Sistema operativo WinCE 6.0.

- Gran cantidad de memoria de 128 MB flash, 256 MB de SDRAM, salida de sonido.
- La instalación y la visualización horizontal o vertical.
- Amplia gama de alimentación de 11-36 VDC o 90-250 VAC.



Figura III-27: HMI Brainchild

Fuente: <http://www.ecefast.com.au/hmi-touch-screen-displays-brainchild-pac>.

3.1.7. PANEL STUDIO.

Es el software diseñado por BrainChild para la programación de sus HMI, existen 2 versiones: Free y Pro. En nuestro caso utilizamos la versión Free, la versión Pro dispone de más elementos y figuras para realizar un ambiente más real, en nuestro caso la versión utilizada fue suficiente.

Este software de programación está basado en C y C# es por eso que es una interfaz orientada a objetos y los scripts son como un programa de C.

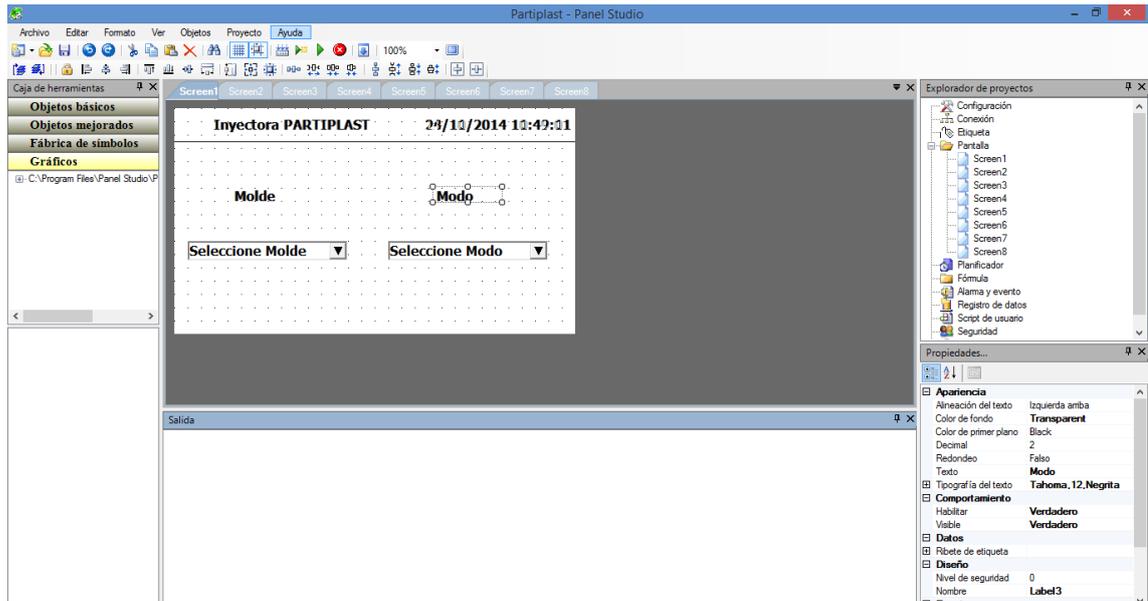


Figura III-28: Ambiente de Trabajo Panel Studio.

Fuente: Autores.

3.1.8. BOMBA HIDRAULICA.

Es un dispositivo que transforma la energía mecánica en energía hidráulica, es decir, realizan un trabajo para mantener un líquido en movimiento consiguiendo así aumentar la presión o energía cinética del fluido, el impulso crea una corriente de succión a la entrada, introduciendo el fluido en su interior y lo empuja hacia el circuito hidráulico. [10]



Figura III-29: Bomba Hidráulica.

Fuente: <http://www.cylindertechnologies.com/es/bomba-hidraulica>.

3.1.9. VÁLVULA PROPORCIONAL.

Las válvulas proporcionales controlan el caudal mediante una señal eléctrica de entrada de 0 a 10 V, y son alimentadas con una fuente de 24 V. las válvulas proporcionales son de marca Bosch.

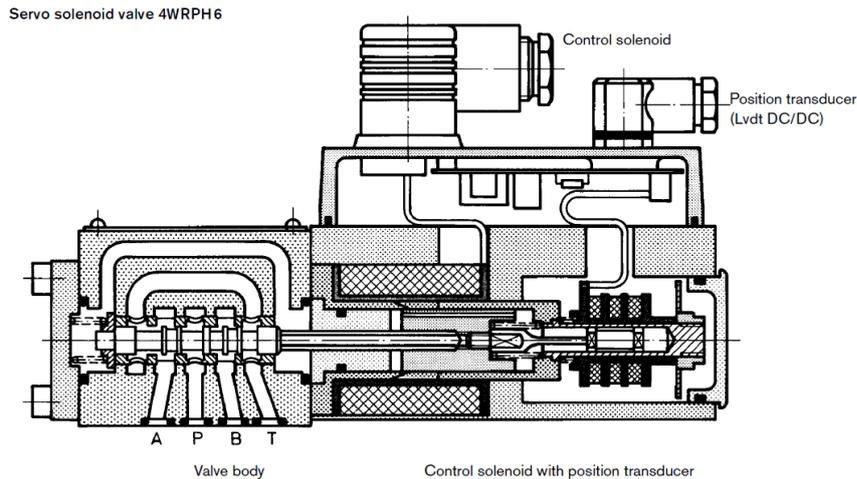


Figura III-30: Válvula Proporcional Bosch.

Fuente: http://www.boschrexroth.com/RDSearch/rd/r_29028/re29028_2005-01.pdf

3.1.10. VÁLVULA ON/OFF.

Son válvulas con piloto electrónico, que se activan con un pulso de 24V, estas válvulas son de un simple uso como es dar el paso de aceite para activar los elementos.



Figura III-31: Válvula ON/OFF

Fuente: <http://hydraulikpower.spanish.globalmarket.com/products/details/port-size-ng16-ng20-hydraulic-directional-solenoid-valve-963482.html>

3.1.11. LVDT.

Un sensor LVDT es un dispositivo inductivo para poder determinar la posición de un pistón u otro dispositivo del cual necesitemos saber su posición, en la máquina inyectora disponemos de 3 LVDT, uno funciona para determinar la posición del CLAMP, otro determina la posición de los EXPULSORES, y el último determina la posición para realizar la INYECCIÓN y la CARGA.



Figura III-32: Sensor LVDT

Fuente: <http://hydraulikpower.spanish.globalmarket.com/products/details/port-size-ng16-ng20-hydraulic-directional-solenoid-valve-963482.html>

3.1.12. TERMOCUPLA.

Son sensores de temperatura los más utilizados en la industria por el gran rango de valores que puede alcanzar.

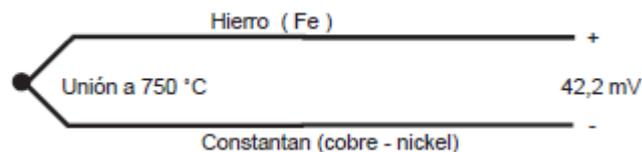


Figura III-33: Termocupla.

Fuente: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>.

En la figura III-13 se detalla los tipos de termocuplas y los rangos de valores que con ellos se pueda utilizar.

Tc	Cable + Aleación	Cable - Aleación	°C	Rango (Min, Max) mV	Volts Max
J	Hierro	cobre/nickel	(-180, 750)	42.2	
K	Nickel/cromo	Nickel/aluminio	(-180, 1372)	54.8	
T	Cobre	cobre/nickel	(-250, 400)	20.8	
R	87% Platino 13% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	21.09	
S	90% Platino 10% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	18.68	
B	70% Platino 30% Rhodio	94% Platino 6% Rhodio	(0, 1820)	13.814	

Figura III-34: Rangos de Temperatura.

Fuente: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>.

3.1.13. FINES DE CARRERA.

Son dispositivos electromecánicos que mandan una señal eléctrica en el momento que son accionados, dichos sensores son utilizados para las puertas de la máquina inyectora.



Figura III-35: Sensor Fin de Carrera.

Fuente: http://www.tu-proyecto.com/Store/product.php?id_product=200560.

3.1.14. TRANSISTOR TIP 142.

El Tip 142 es un transistor tipo Darlington NPN soporta una corriente de hasta 10 A, fue utilizado para el diseño de la etapa de potencia la configuración utilizada fue colector común



Figura III-36: TIP 142.

Fuente: Google Imágenes.

3.2. ANALISIS SISTEMA ANTIGUO.

El control anterior estaba basado en PIC's³, en este control existían 3 placas para realizar el control, 1 de control total, 1 de termocuplas y 1 de velocidades.

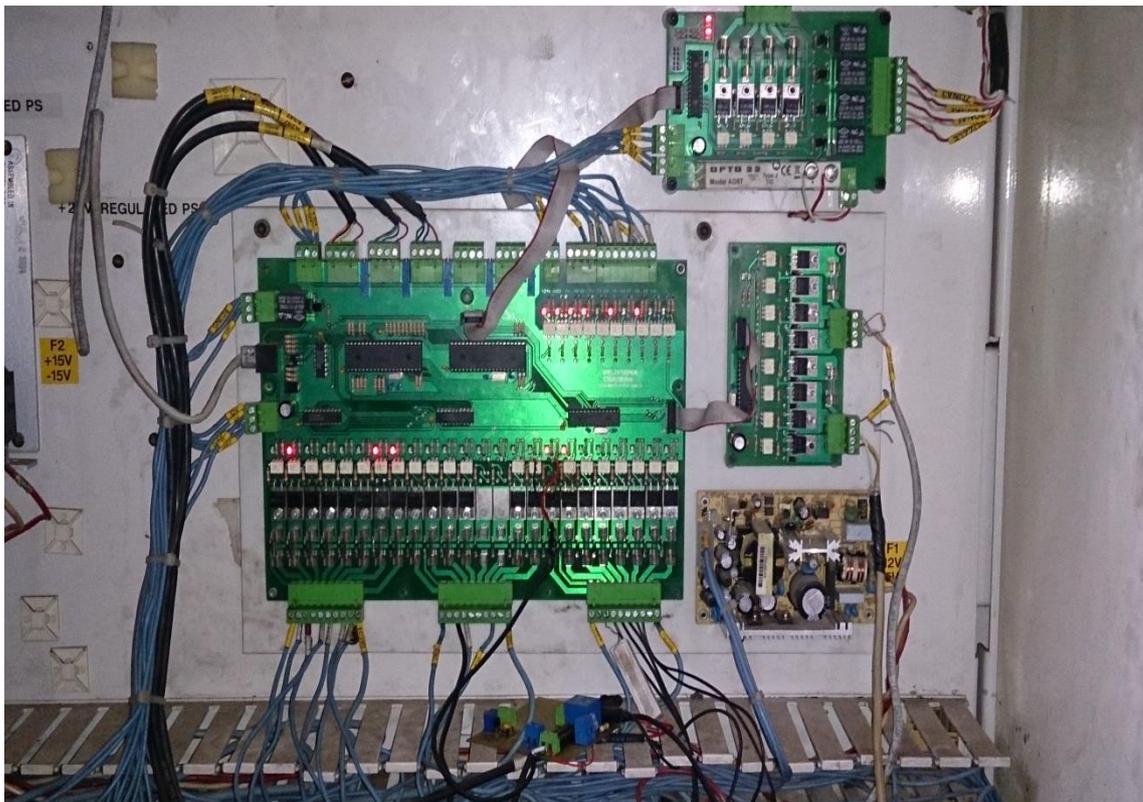


Figura III-37: Módulos de Sistema de Control Antiguo

Fuente: Autores.

³ PIC: Microcontroladores programables.

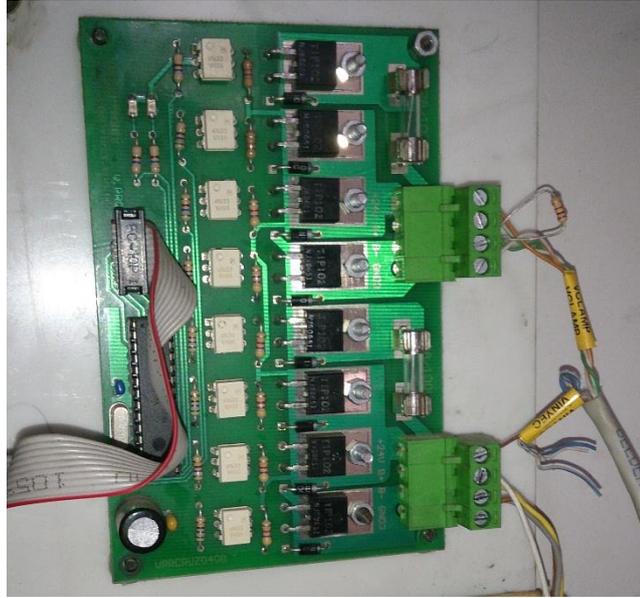


Figura III-38: Módulo Análogo de Velocidades.

Fuente: Autores.



Figura III-39: Módulo de Termocuplas.

Fuente: Autores.

La configuración de los valores se realizaba mediante una pantalla y un teclado para modificar, existen 3 tipos de funcionamiento, modo manual, modo semi-

automático y modo automático, los valores son configurados entre valores de 0 a 250, ya sean para las salidas analógicas y los sensores LVDT.

El sistema antiguo con el que está cargado la maquina no es del tipo industrial debido a que no es robusto y muy poco práctico para el desempeño óptimo de las funciones es por ello que la placa actual existen daños y por esas razones han tenido que realizar conexiones extras con circuitos aparte.

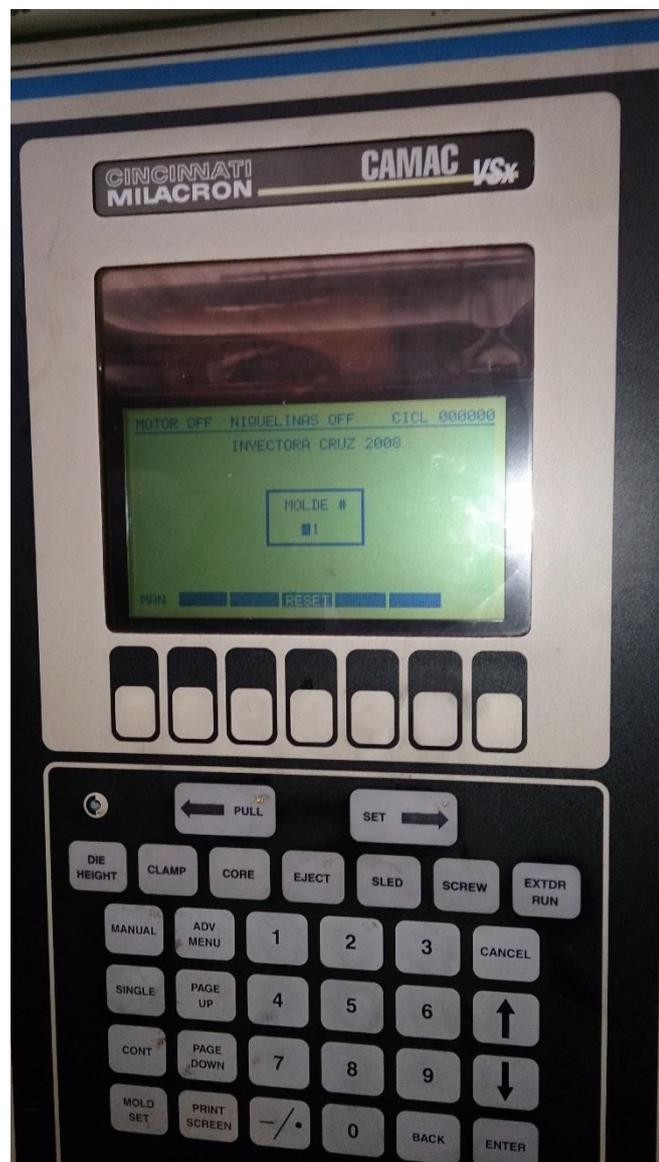


Figura III-40: Pantalla y Teclado.

Fuente: Autores.

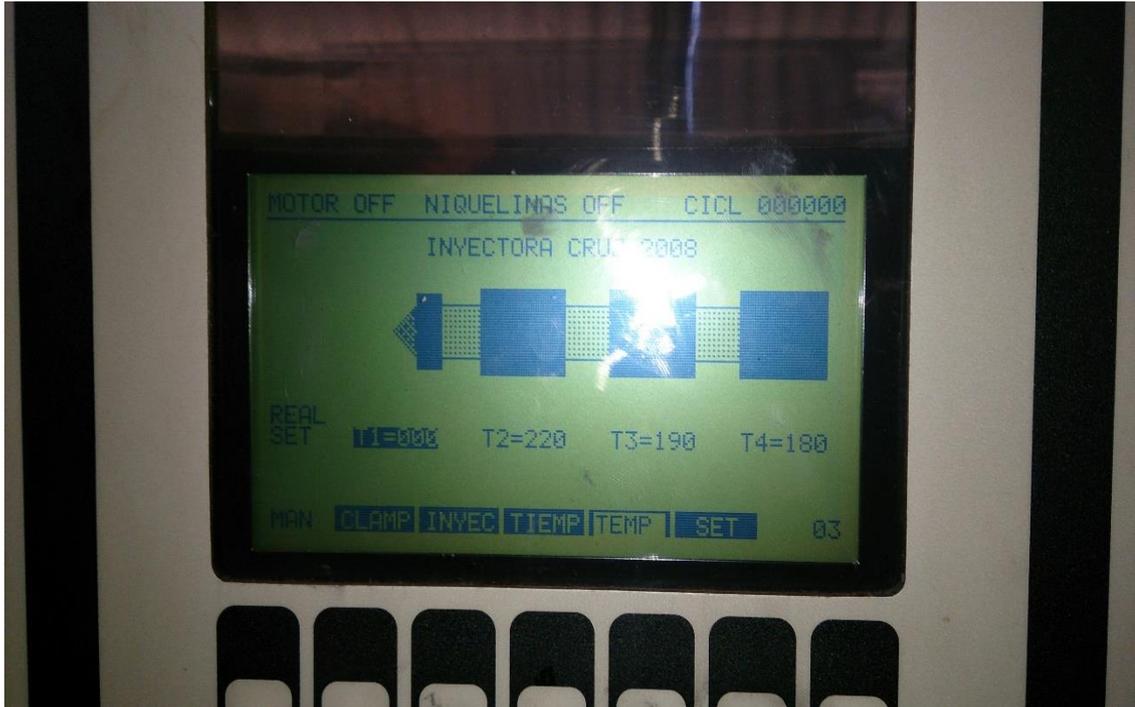


Figura III-41: Pantalla de Sensores de Temperatura.

Fuente: Autores.

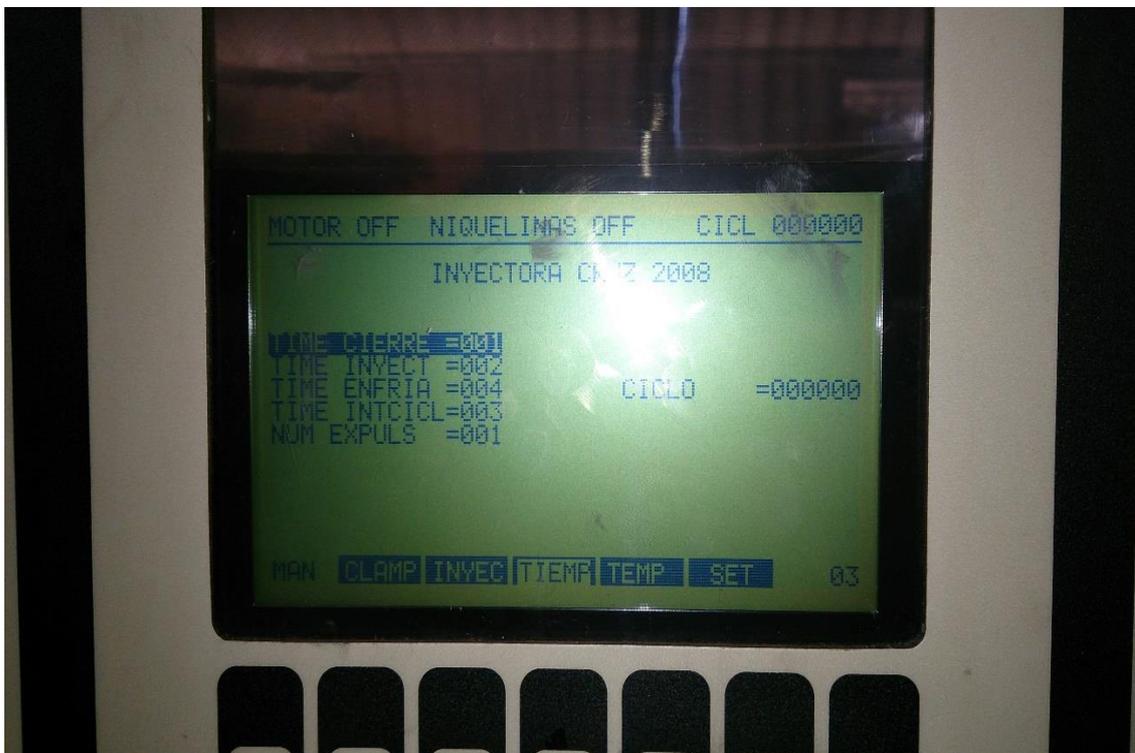


Figura III-42: Pantalla de Configuración de Tiempos.

Fuente: Autores.

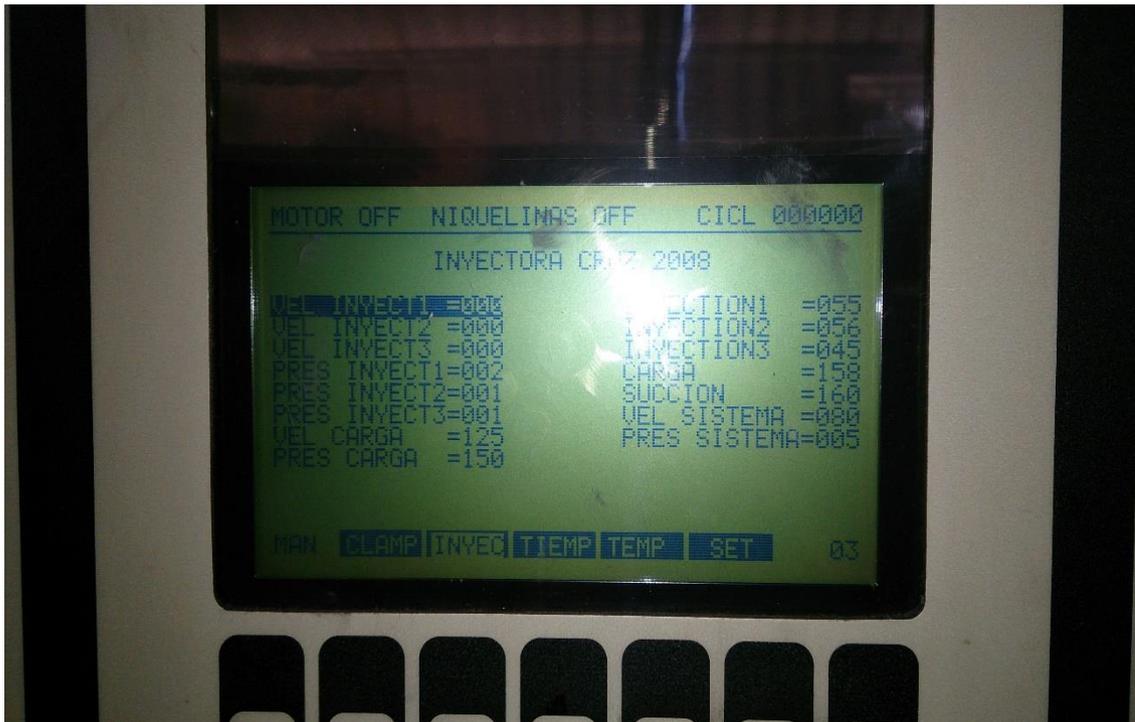


Figura III-43: Pantalla de Configuración de Inyección.

Fuente: Autores.

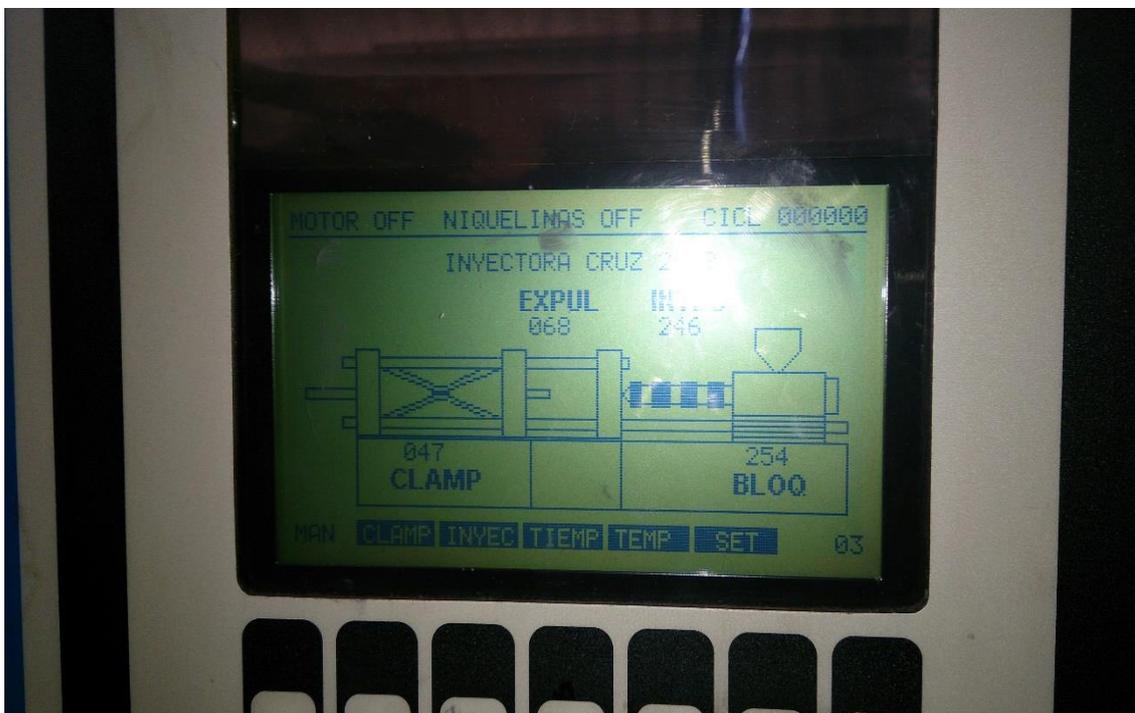


Figura III-44: Pantalla de Lectura de Sensores y Presión

Fuente: Autores.

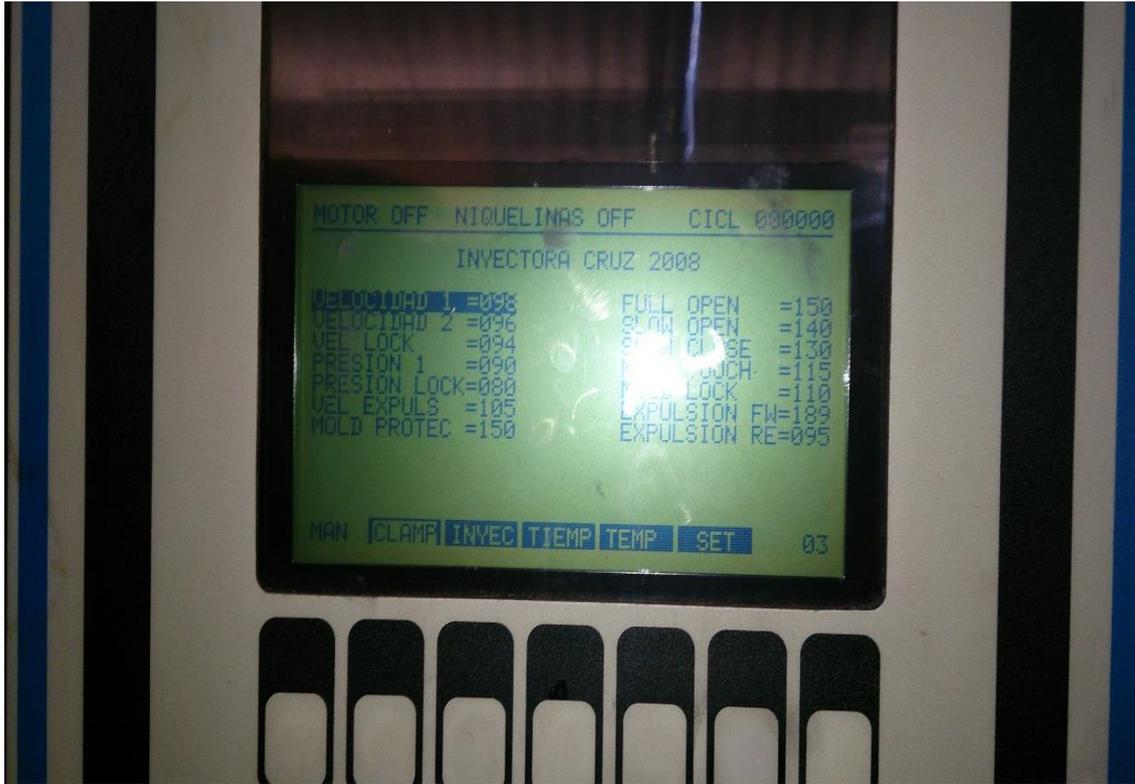


Figura III-45: Pantalla Configuración del Clamp.

Fuente: Autores.

3.3. FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA INYECTORA CINCATI.

La Máquina Inyectora Cincinatti tiene un funcionamiento 4 etapas principales las cuales detallaremos a continuación:

Cierre del CLAMP.

Todo el ciclo de la máquina empieza a partir del cierre de la puerta que a través del sensor de fin de carrera envía un pulso eléctrico para activar el cierre del CLAMP, en este proceso junta el molde hasta un punto que las 2 partes del molde se encuentren juntas, en este proceso actúa el sensor LVDT del CLAMP el cual emite una señal cuando se juntan las placas y es procesada para realizar la siguiente acción que es la carga.



Figura III-46: Cierre de Puerta y CLAMP

Fuente: Autores.

Carga y Succión.

Una vez emitida la señal del LVDT activa el Motor para realizar la carga en este punto actúa el sensor LVDT de la Inyección, la carga se realiza hasta un valor definido por el usuario este valor depende del tipo de producto que se esté realizando, después de esto se realiza la succión que es mover el sleed⁴ para atrás.



Figura III-47: Carga.

Fuente: Autores.

⁴ Sleed: Es el carro que contiene la etapa de inyección.

Inyección.

Es un proceso controlado por tiempo es decir la inyección es definida solo por un lapso de segundos, en este proceso el plástico es derretido y por medio de un orificio se traslada hasta el molde en el cual toma la forma necesaria.



Figura III-48: Inyección.

Fuente: Autores.

Enfriamiento.

Después de la etapa de inyección, pasa un tiempo de enfriamiento en el cual el plástico toma la forma del molde y es solidificado.

Apertura del CLAMP y EXPULSORES.

Después de enfriarse el CLAMP se abre y los expulsos se activan para que la máquina expulse el producto terminado, después de abre la puerta para retirar el producto y se termina el ciclo.



Figura III-49: Apertura del CLAMP y Puerta

Fuente: Autores.

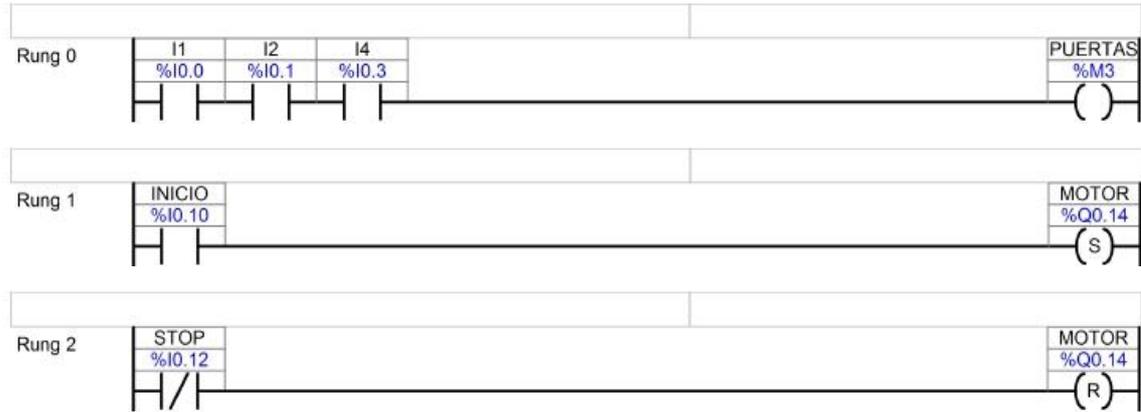
3.4. DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

El sistema de control ha sido diseñado para reemplazar el control por PIC's, por un PLC y la interfaz será con un HMI Touch BrainChild para hacerlo de una manera Industrial.

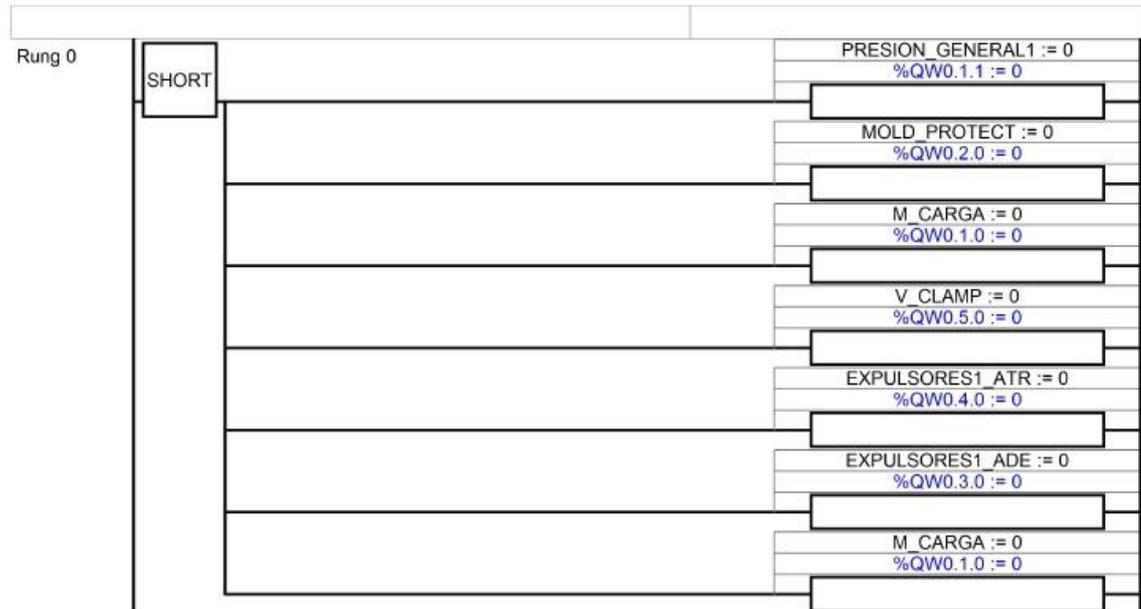
Para ello tenemos la programación realizada tanto en el software del PLC como con el software del HMI.

DISEÑO TWIDO SUITE

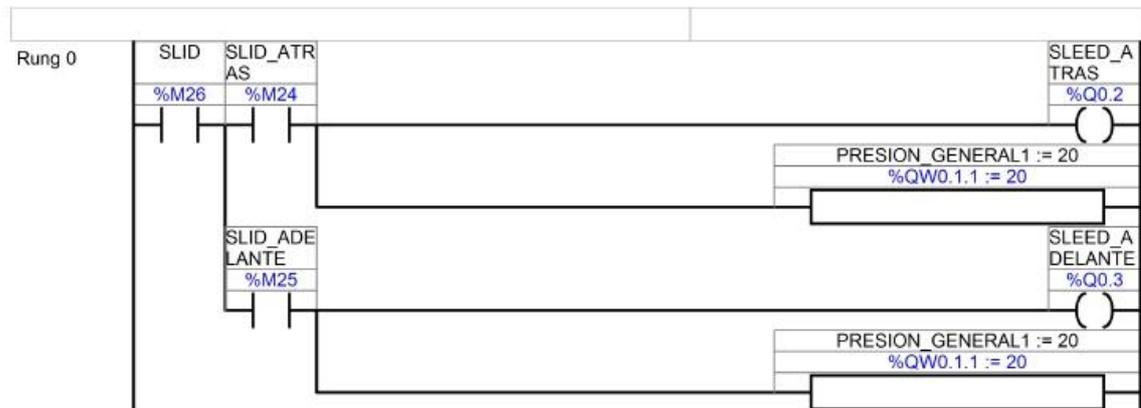
1 LD ENTRADAS



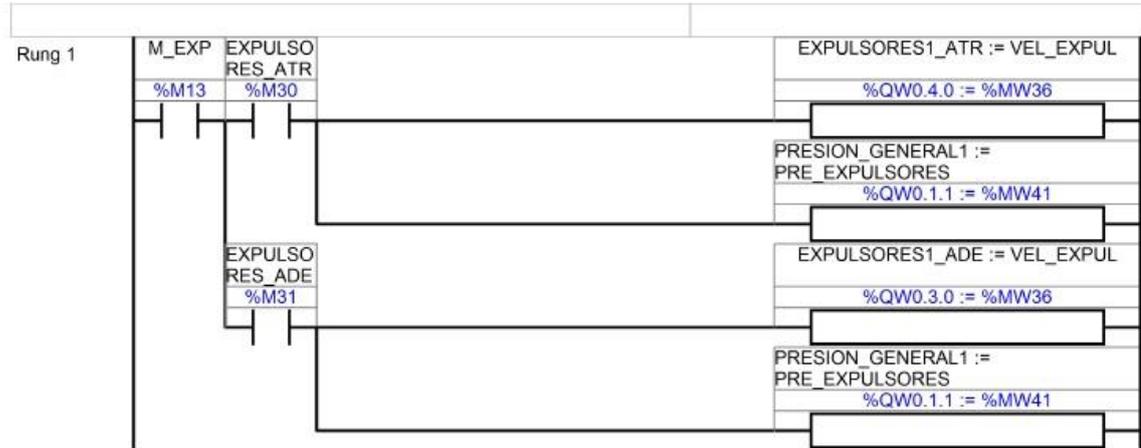
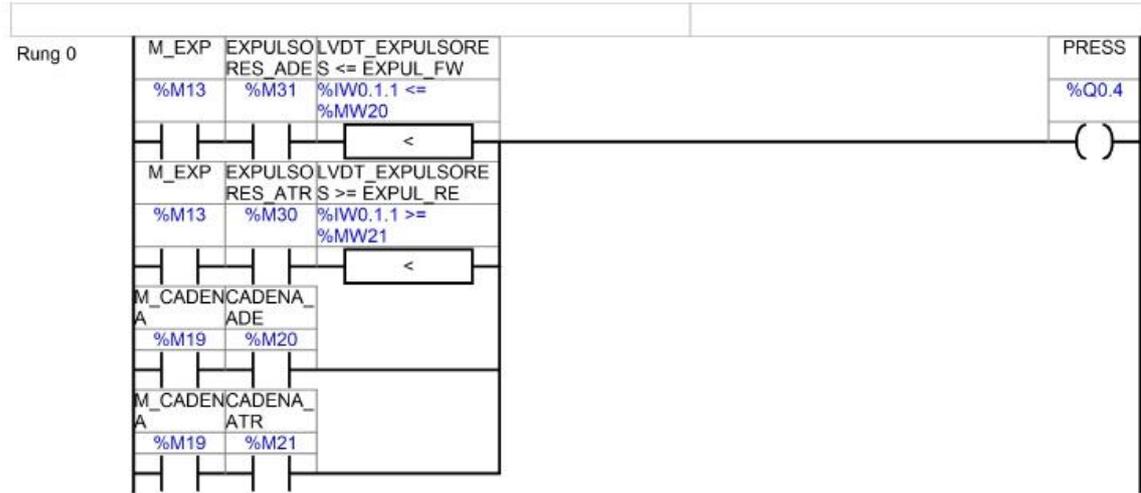
2 LD SET POINT VALVULAS ANALOGAS



3 LD SLEED



4 LD EXPULSORES



5 LD CARGA



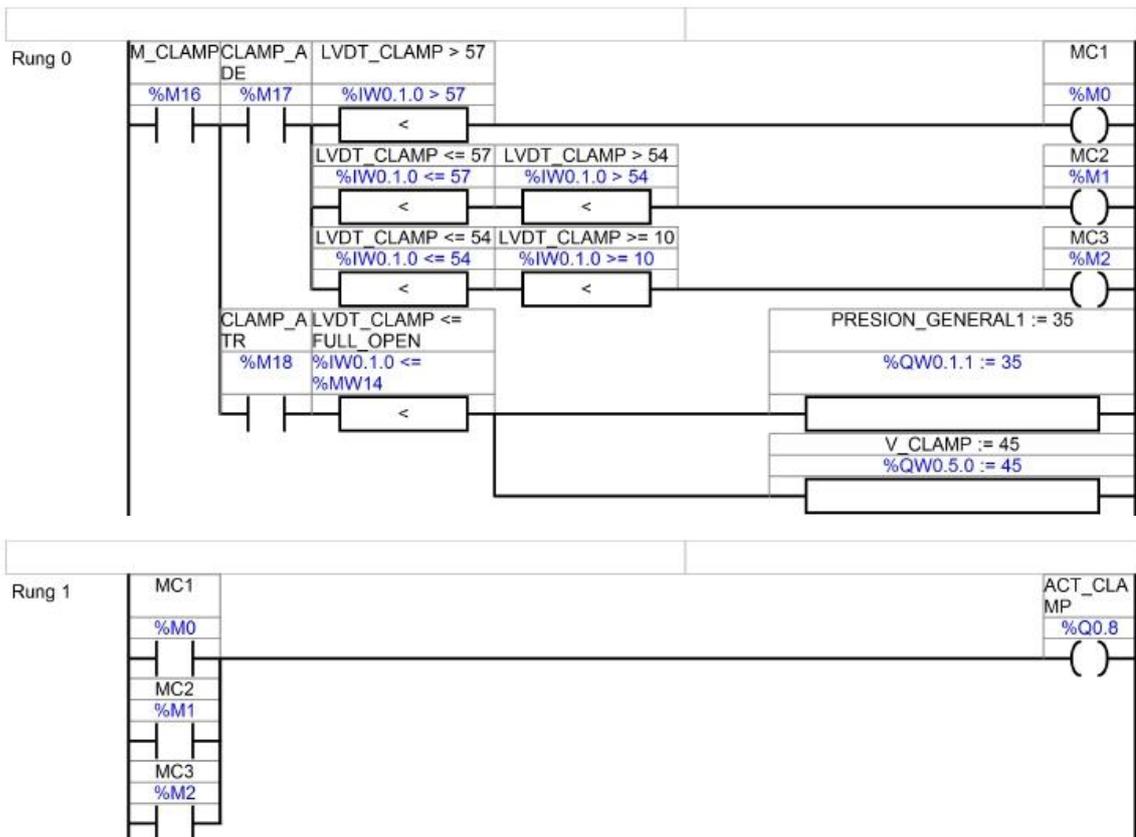
6 LD INYECCION

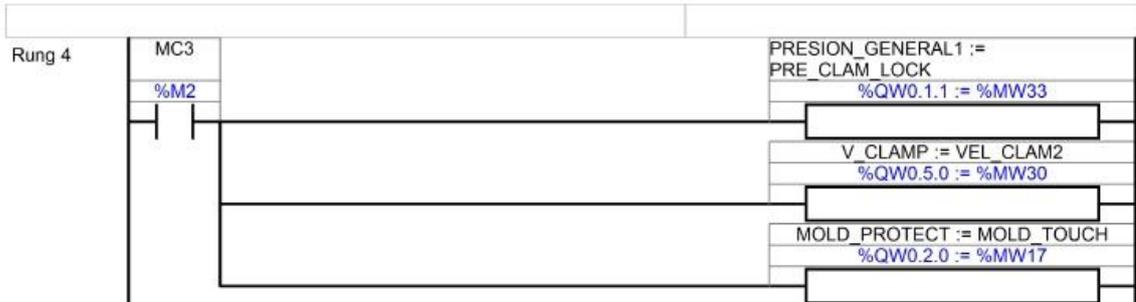
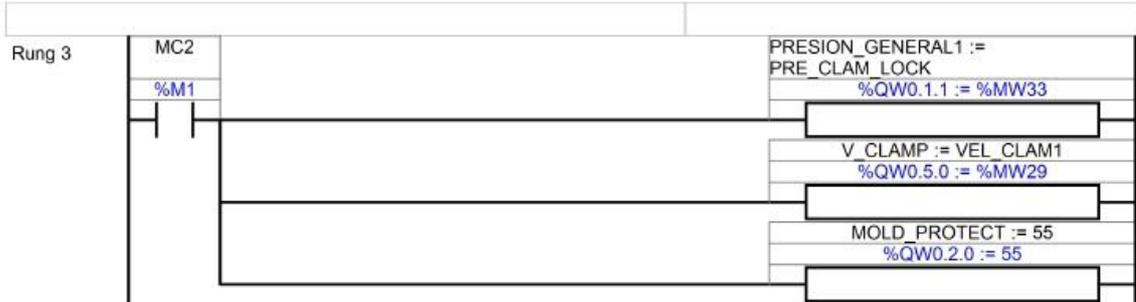
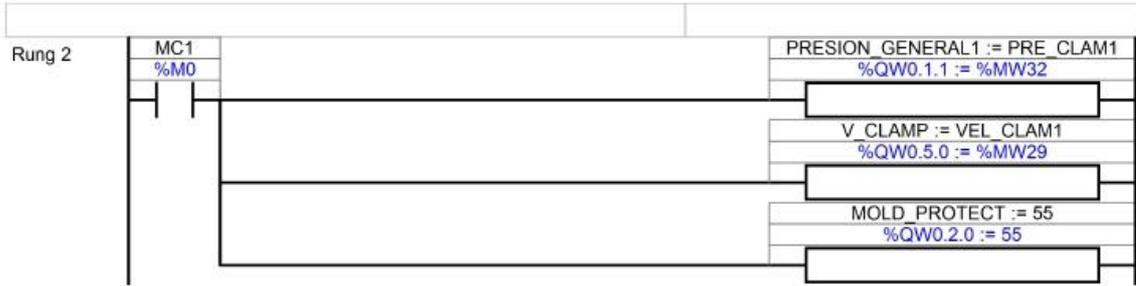


7 LD SUCCION

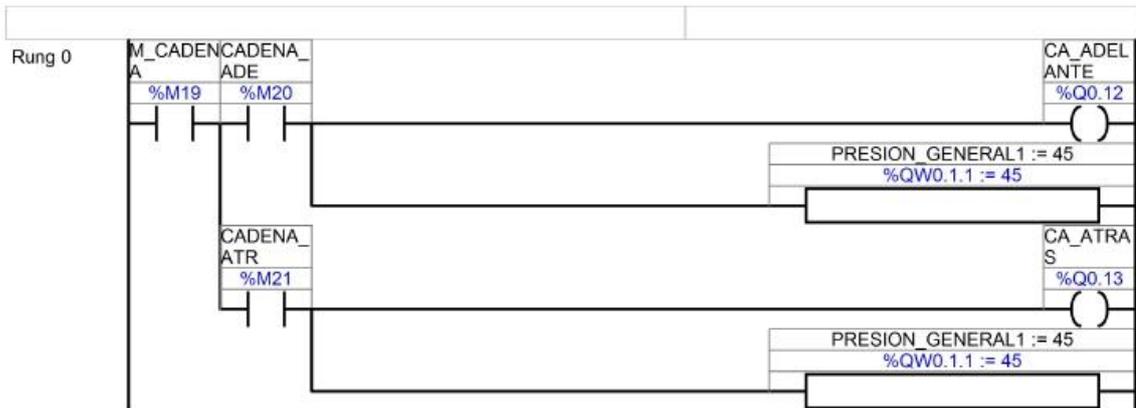


8 LD CLAMP



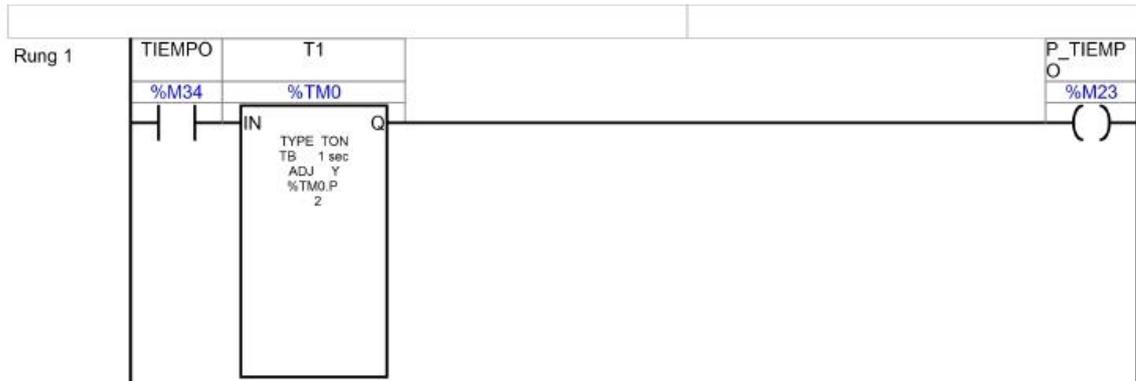


9 LD CADENA

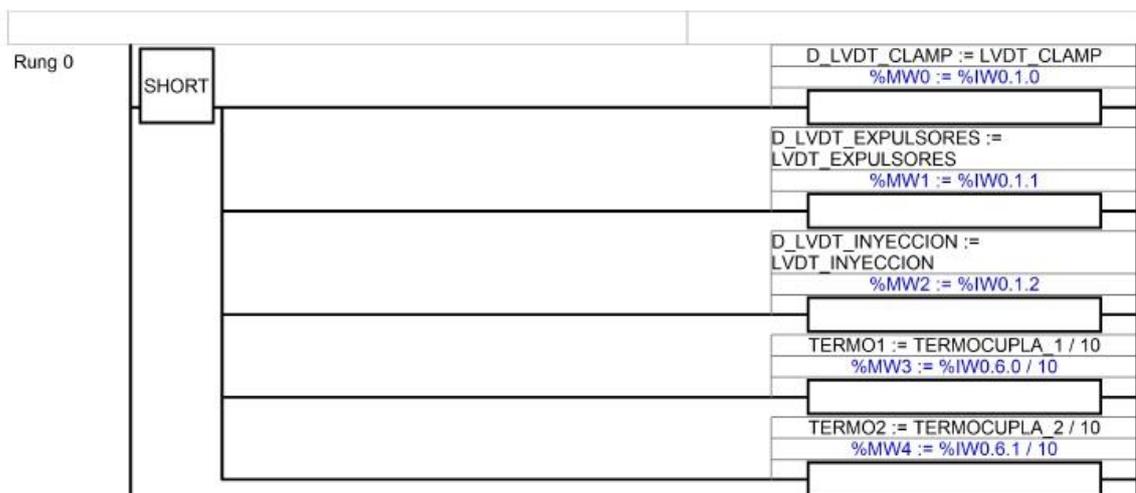


10 LD TIEMPO DE ENFRIAMIENTO





11 LD LECTURAS LVDT Y TERMOCUPLAS



DISEÑO PANEL STUDIO



Figura II-50: Pantalla de selección de modo y molde.
Fuente: Autores.

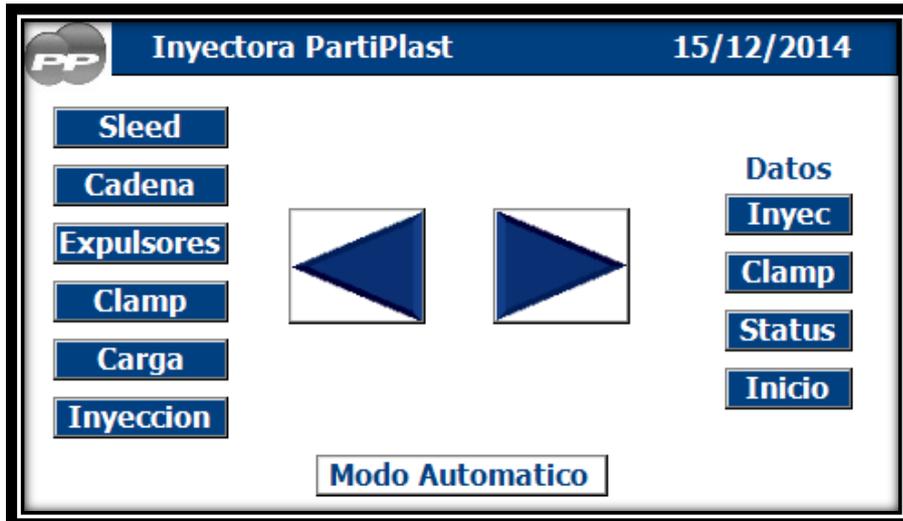


Figura III-51: Pantalla de Inicio modo Manual.
Fuente: Autores.

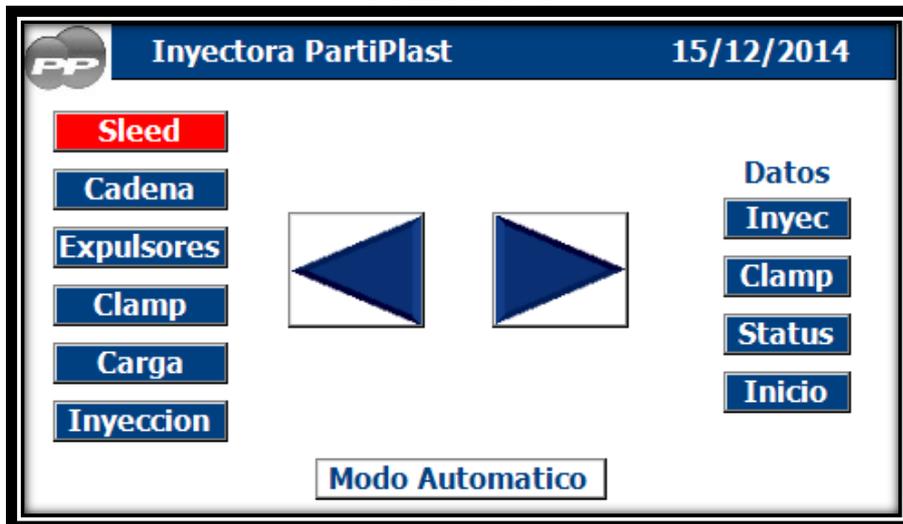


Figura III-52: Modo Manual y sus opciones.
Fuente: Autores.



Figura III-53: Selección de datos etapa Inyección
Fuente: Autores.

PP **Inyectora PartiPlast** 15/12/2014

Vel Expulsores	<input type="text" value="80"/>	Pres Clamp 2	<input type="text" value="35"/>
Presion Expul	<input type="text" value="20"/>	Pres Mold Tou.	<input type="text" value="83"/>
Vel Clamp 1	<input type="text" value="50"/>	Full Open	<input type="text" value="65"/>
Vel Clamp 2	<input type="text" value="30"/>	Expulsores FW	<input type="text" value="80"/>
Pres Clamp 1	<input type="text" value="45"/>	Expulsores RE	<input type="text" value="40"/>

Modo Manual

Inicio **Inyec** **Clamp** **Status**

Figura III-54: Selección de datos etapa Clamp
Fuente: Autores.

PP **Inyectora PartiPlast** 15/12/2014

Sensores LVDT		Termocuplas	
Clamp	80.00	Termo 1	231.10
Expulsores	20.00	Termo 2	224.70
Inyeccion	55.00		

Modo Manual

Inicio **Inyec** **Clamp** **Status**

Figura II-55: Monitoreo de sensores
Fuente: Autores.

PP **Inyectora PartiPlast** 15/12/2014

Sensores	START	Secuencia
Clamp 80.00	STOP	<input checked="" type="checkbox"/> Clamp Ade.
Expulsores 20.00		<input type="checkbox"/> Inyeccion
Inyeccion 55.00		<input type="checkbox"/> Carga
		<input type="checkbox"/> SUCCION
		<input type="checkbox"/> Tiempo En.
		<input type="checkbox"/> Clamp Atr.
		<input type="checkbox"/> Expulsores Ade.
		<input type="checkbox"/> Expulsores Atr.

Modo Manual **Puertas**

Inicio **Inyec** **Clamp** **Status**

Figura II-56: Modo Automático
Fuente: Autores.

3.5. DISEÑO DEL CIRCUITO DE POTENCIA.

En las pruebas realizadas lo más factible fue realizar un circuito de Potencia para ello hemos diseñado dos placas para que realicen la etapa de potencia, es así como utilizamos un Tip 142 configurado como Colector Común para que así me funcione como amplificador de corriente y no exista ningún tipo de error al momento del funcionamiento.

Este circuito además contiene una Red Snubber Turn ON y una Red Snubber Turn OFF.

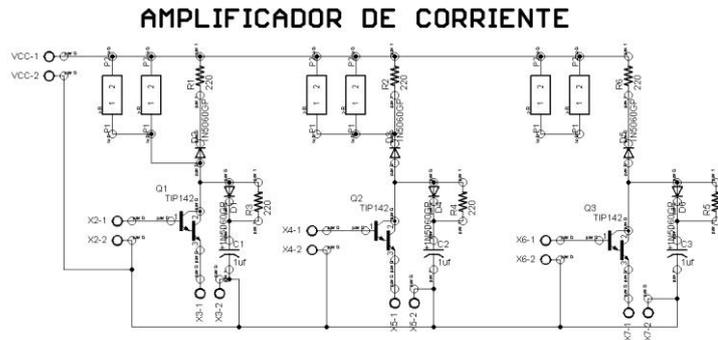


Figura III-57: Circuito Amplificador de Corriente

Fuente: Autores.

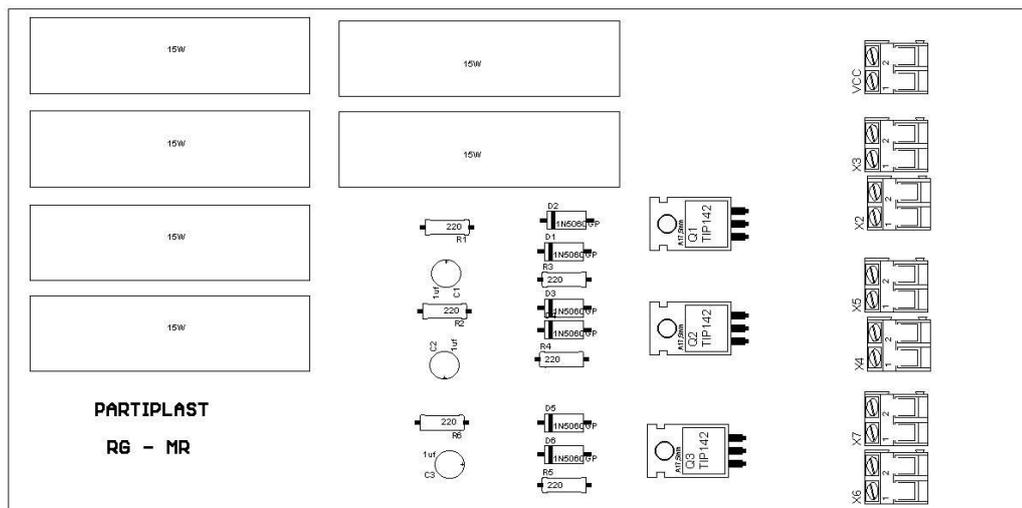


Figura III-58: Ubicación de Componentes.

Fuente: Autores.

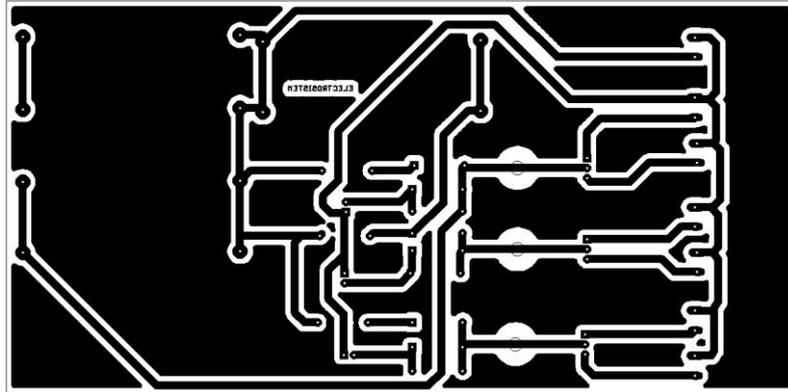


Figura III-59: Diagrama de Pistas.

Fuente: Autores.

3.6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

Para realizar el sistema de control hemos utilizado 1 PLC, 1 Módulo de 4 entradas análogas con 2 salidas análogas, 4 módulos de 1 salida análoga, y 1 módulo de 2 entradas de termocuplas.

La interfaz HMI se reemplazó en su totalidad por la anterior pantalla y el teclado, dado que el HMI es Touch y toda configuración se realiza directamente la programación es vía Ethernet y posee varios protocolos de comunicación pero su configuración se la hizo mediante Modbus TCP.

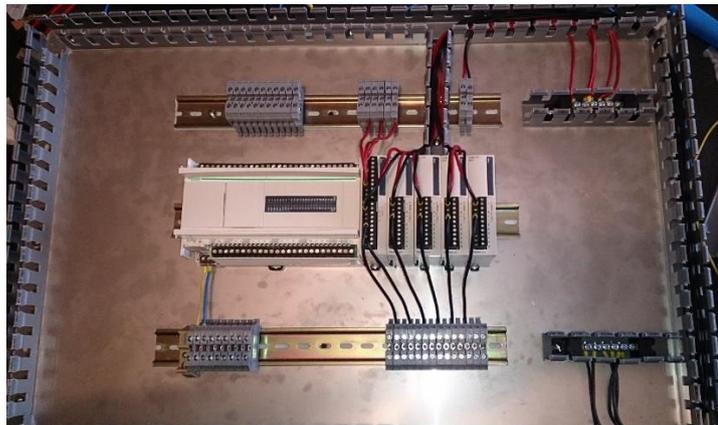


Figura III-60: Sistema de Reemplazo.

Fuente: Autores.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS.

4.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL.

La repotenciación del sistema ha llevado a disponer de nuevos materiales con los que deben adaptarse ya que son totalmente diferentes a los anteriores, en este sistema hemos desechado muchos elementos que han quedado inutilizados, entre los principales se encuentran:

- Fuente de 12 V, 5V, 18V.
- Placa adaptada para válvula analógica.
- Relés.

Así como existen elementos desechados, también pudimos reutilizar varios elementos que habían sido desconectados por distintas razones.

Con la instalación del nuevo sistema de control el cual se encuentra en su totalidad operativo, además de las protecciones y seguridades necesarias para un correcto funcionamiento, este nuevo sistema consta con opciones distintas al usuario y un monitor de tiempo real de posiciones de LVDT, presiones y velocidades.

El sistema tiene un mejor desempeño en cuanto a la reducción de productos defectuosos, existe una mayor confiabilidad debido a que estos errores eran constantes y significaban pérdida de tiempo, se disminuyó el riesgo de un cortocircuito debido a que el cableado del sistema de control fue revisado en su totalidad y eliminado los cables inservibles.

4.2. COMPROBACIÓN Y VERIFICACION DEL OEE.

Para la verificación del OEE utilizamos fórmulas para comprobar el OEE dependiendo de la producción por hora, según los cálculos obtuvimos los siguientes datos, los cuales fueron calculados con el sistema antiguo y el sistema nuevo, calculando los 4 parámetros fundamentales del OEE.

ANTES		HOY	
NÚMERO DE PIEZAS X DEFAULT	180	NÚMERO DE PIEZAS X DEFAULT	180
NÚMERO DE HORAS MÁQUINA	7	NÚMERO DE HORAS MÁQUINA	7
TOTAL	1080	TOTAL	1080

DISPONIBILIDAD	5,5	DISPONIBILIDAD	6,5
DISPONIBILIDAD % ANTERIOR	79	DISPONIBILIDAD % ACTUAL	92
# DE PIEZAS REAL	132	# DE PIEZAS REAL	164
RENDIMIENTO% ANTERIOR	73	RENDIMIENTO% ACTUAL	91
PIEZAS REAL PRODUCIDAS	726	PIEZAS REAL PRODUCIDAS	1066
MAL PRODUCIDAS ANTERIOR	50	MAL PRODUCIDAS ACTUAL	15

Tabla IV-I: Valores para cálculo del OEE

Fuente: Autores.

$$OEE = Disponibilidad\% * Rendimiento\% * Calidad\%$$

$$OEE_{anterior} = 0.79 * 0.73 * 0.93$$

$$OEE_{anterior} = 0.54$$

$$OEE_{actual} = 0.92 * 0.91 * 0.98$$

$$OEE_{actual} = 0.83$$

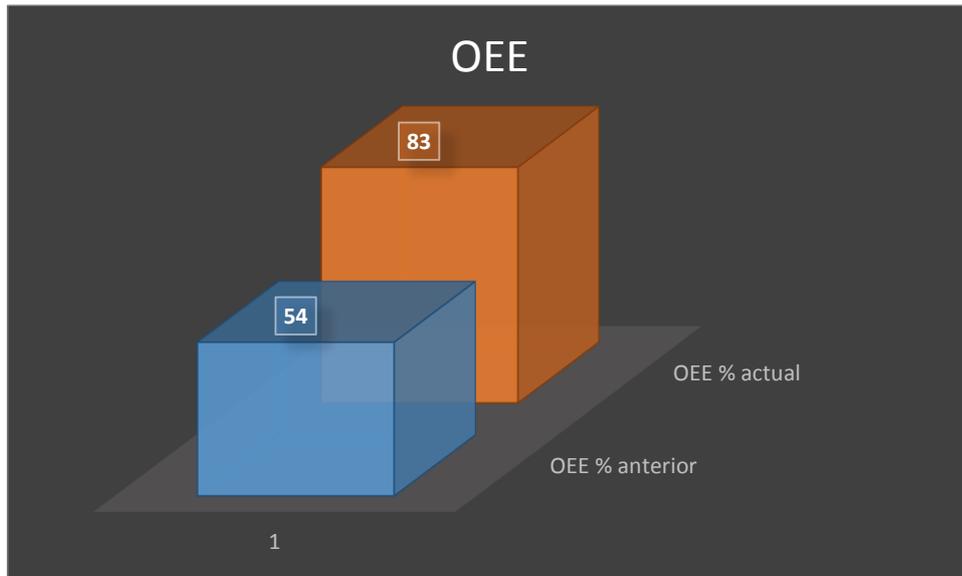


Figura IV-61: OEE.

Fuente: Autores.

4.3. PUESTA A PUNTO Y PRUEBAS DEL NUEVO SISTEMA.

El diseño del sistema de control tiene la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de molde que la máquina vaya a utilizar, es por ello que en la programación existen parámetros que el usuario debe configurar según sus necesidades y estos son manipulables y configurables desde la interfaz táctil que dispone, a continuación detallamos los campos existentes con los valores óptimos que hemos obtenido después de las pruebas realizadas.

4.4. CUADRO COMPARATIVO ENTRE SISTEMA ANTIGUO Y EL SISTEMA ACTUAL.

Antiguo	Actual
Sistema menos confiable muchas paradas para la calibración de la máquina.	Mucho más confiable, robusto realizado con un HMI y un PLC se logra reducir las paradas innecesarias gracias al nuevo sistema ya no se calibra a cada

	rato, genera más confianza en la producción.
Perdía el tiempo de producción lo que conlleva a aumentar los gastos de fabricación.	Aumentó la producción generando utilidades para la empresa.
Piezas defectuosas son más habituales por lo que el porcentaje de la producción diaria disminuye.	Se logra disminuir las piezas aumentando la producción diaria, se ahorra tiempo y dinero a la misma.
Cableado antiguo contenía cables que no se los utilizaba los cuales podían generar problemas de corto circuito o también al momento de dar una solución a las fallas de la máquina.	El cableado se lo cambia y se lo ordena conforme a lo que se requiere de esta manera no se genera problemas por corto circuito y se localiza el desperfecto rápidamente.
El HMI es complicado de manejar y hay funciones que no se sabe que hacen las cuales pueden causar daños, por la mala manipulación del mismo.	El HMI es mucho más amigable conforme a las especificaciones del usuario de esta manera el operario es capaz de manejar la máquina a su gusto contando con las seguridades que este le ofrece.
Nos encontramos con un OOE de un 46% el cual es muy bajo para que sea una máquina eficiente.	El OOE de la máquina aumenta a un 83% también se aumenta la disponibilidad de un 92%, a un 98% la

	calidad, a un 91% el rendimiento general de la máquina siendo hoy en día una máquina mucha más eficiente
La placa tiene varios defectos los cuales no se pueden arreglar de una forma técnica sino a través de otras placas diseñadas para dar solución a ese problema generando muchas complicaciones si no se sabe la función de la misma, por lo que ocurren desperfectos parando la maquina más frecuente.	Las nuevas placas para la etapa de potencia están realizadas con redes snubber las cuales permiten controlar la corriente al momento de la activación y desactivación de los transistores dando más confianza al diseño para evitar que se puedan quemar los mismos y descartando posibles paradas de la máquina.

Tabla IV-II: Comparación Sistema Antiguo y Sistema Actual

Fuente: Autores

4.5. TABULACIÓN DE DATOS.

DISPONIBILIDAD

Tiempo Disponible.- tiempo que realmente tenemos dedicado a producir

Tiempo Operativo.- Averías, reparaciones, falta de material, falta de operario entre otras.

$$\text{Disponibilidad}(D) = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Disponible}} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad}(\text{anterior})(D) = \frac{5,5}{7} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad}(\text{anterior})(D) = 79\%$$

$$\text{Disponibilidad}(\text{actual})(D) = \frac{6,5}{7} * 100\%$$

$$\text{Disponibilidad}(\text{actual})(D) = 92\%$$

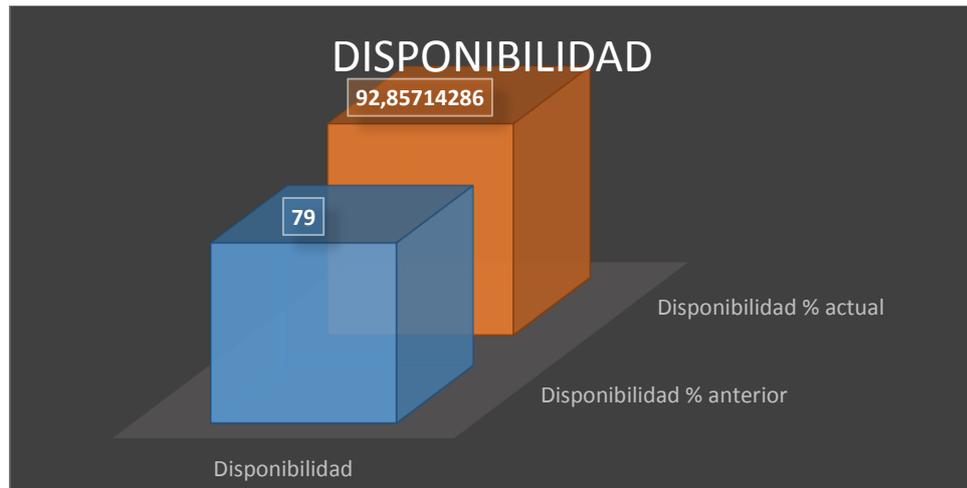


Figura IV-62: Disponibilidad.
Fuente: Autores.

REDIMIENTO

Piezas Fabricadas.- Total de piezas realizadas en tiempo de funcionamiento.

Piezas teóricas.- Piezas que realmente se han hecho.

$$\text{Rendimiento}(R) = \frac{\text{Piezas Fabricadas}}{\text{Piezas Teóricas}} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento}(R)(\text{anterior}) = \frac{132}{180} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento}(R)(\text{anterior}) = 73\%$$

$$\text{Rendimiento}(R)(\text{actual}) = \frac{164}{180} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento}(R)(\text{actual}) = 91\%$$

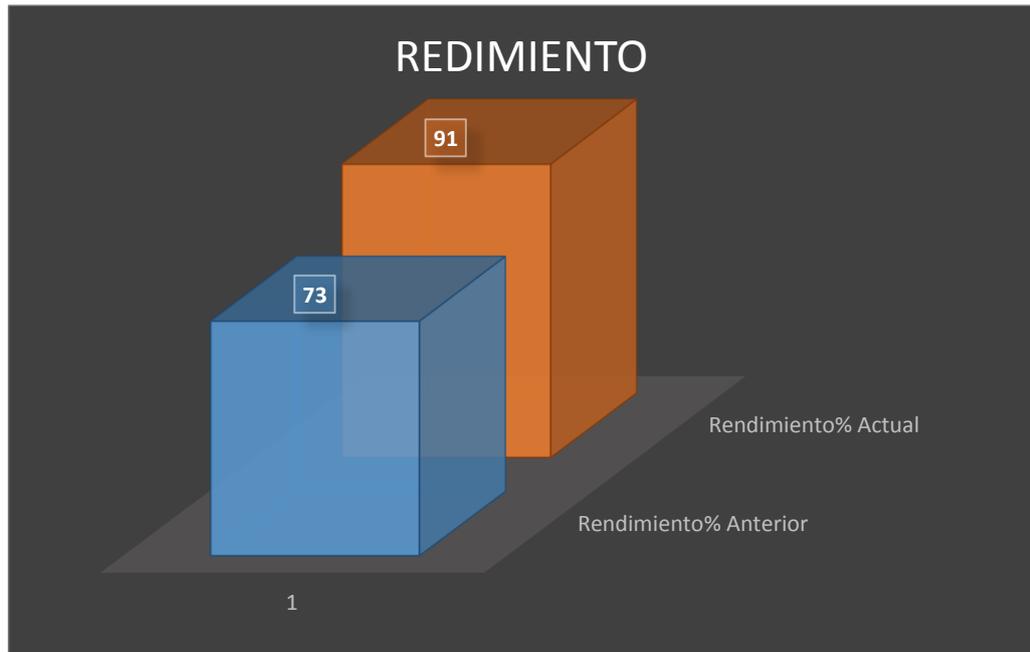


Figura IV-63: Rendimiento.

Fuente: Autores.

CALIDAD

Piezas buenas.- producción real en buen estado.

Piezas Totales.- Producción real.

$$\text{Calidad}(C) = \frac{\text{Piezas Malas}}{\text{Piezas Totales}} * 100\%$$

$$\text{Calidad}(C)(\text{anterior}) = \frac{50}{726} * 100\%$$

$$\text{Calidad}(C)(\text{anterior}) = 93\%$$

$$\text{Calidad}(C)(\text{actual}) = \frac{20}{1066} * 100\%$$

$$\text{Calidad}(C)(\text{actual}) = 98\%$$

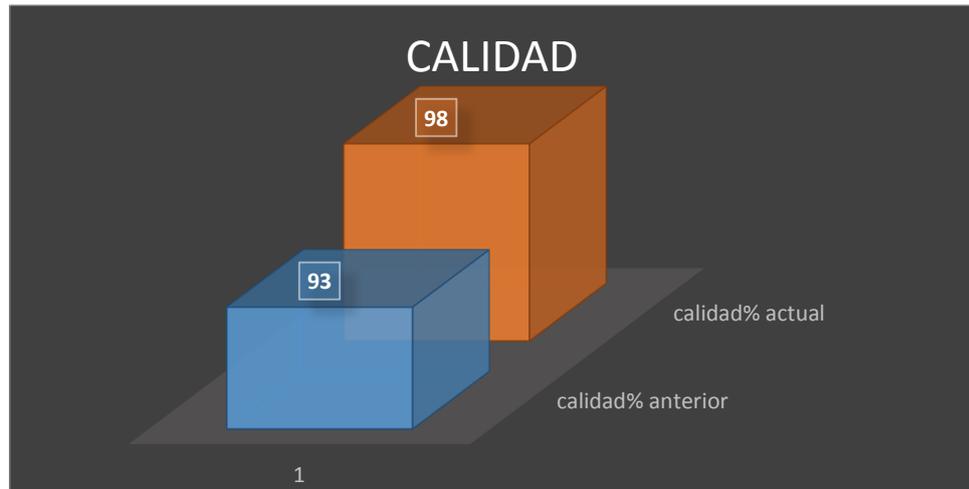


Figura IV-64: Calidad.

Fuente: Autores.

4.6. CONTROL PREDICTIVO.

Para realizar el control predictivo, debemos obtener la función de transferencia de el motor.

La función de transferencia del motor de corriente alterna es la siguiente:

Ecuación expresada en términos de Laplace

$$\frac{\theta(s)}{V_c(s)} = \frac{km}{s(\tau s + 1)}$$

$$\tau = \frac{J}{b - m}$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

τ = torque del motor

$\theta(s)$ = Velocidad angular.

$V_c(s)$ = Tensión Aplicada.

K_m = Ganancia nominal del motor.

S= variable de la funcion de transferencia.

m= Pendiente de la curva.

J= Inercia el motor.

b= coeficiente de fricción.

Datos del motor.

Valores por defalut para este tipo de motores sacados del manual tecnico de Motor Baldor.

Rating Sheets and Derate Curves

Vollgeblechter Gleichstrom – Nebenschlußmotor fremdgekühlt Laminated DC – Motor with Shunt Field force – ventilated TYPE : GK1311		
Schutzart	IP23	Enclosure
Erregerleistung	1350 W	Exciter Rating
Erregerzeitkonstante (ungesättigt)	150 ms	Exciter field constant (unsaturated)
Läuferträgheitsmoment I	0.15 kg-m ²	Moment of Inertia
Läuferschwingmoment GD ²	0.61 kg-m ²	Flywheel Effect GD ²
Maschinengewicht215 kg	Motor Weight
Fremdlüfter: Fördermenge	8.4 m ³ /min	Blower: Air Volume
Motordaten für 380 V, 50 Hz	0.56 kW / 1.2 A	Motor data for 380 V, 50 Hz

Figura IV-65: Datos del Motor.
Fuente: Autores.

Curva de par motor.

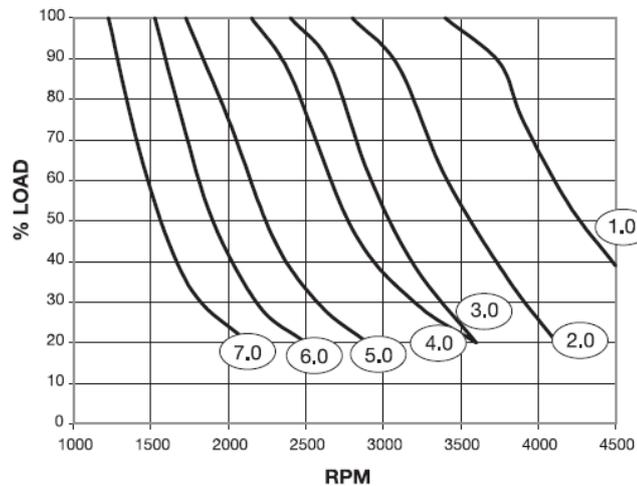


Figura IV-66: RPM Motor.

Fuente: Autores.

Para calculo de la pendiente de par motor.

Utilizamos la curva 7.0 porque muestra una mejor curva para el analisis del control predictivo.

RPM del motor esta en 1760.

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{50 - 30}{1500 - 2000}$$

$$m = (-0.04)$$

Coefficiente de motor(b) tiende a cero por lo que nosotros lo consideramos como cero.

$$\tau = \frac{0.15}{0 - (-0.04)}$$

$$\tau = 3.75$$

Funcion de transferencia.

$$\frac{\theta(s)}{V_c(s)} = \frac{km}{s(\tau s + 1)}$$

$$\frac{\theta(s)}{V_c(s)} = \frac{1760}{s(3.75s + 1)}$$

Control predictivo

El tiempo que se demora en estabilizarse es menor a 3 segundos por lo que la grafica tiene un tiempo de duracion de 3 segundos, ademas los intervalos de muestreo son de 0.02 segundos porque sus polos estan en (0, -0.2667).

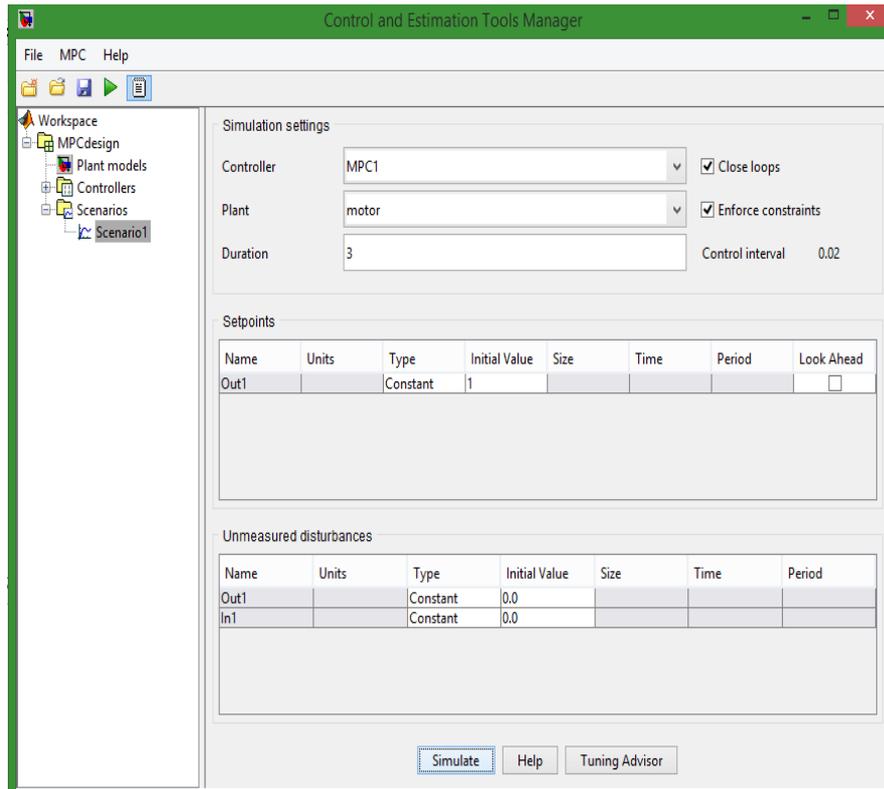


Figura IV-67: Control Predictivo Matlab.
Fuente: Autores.

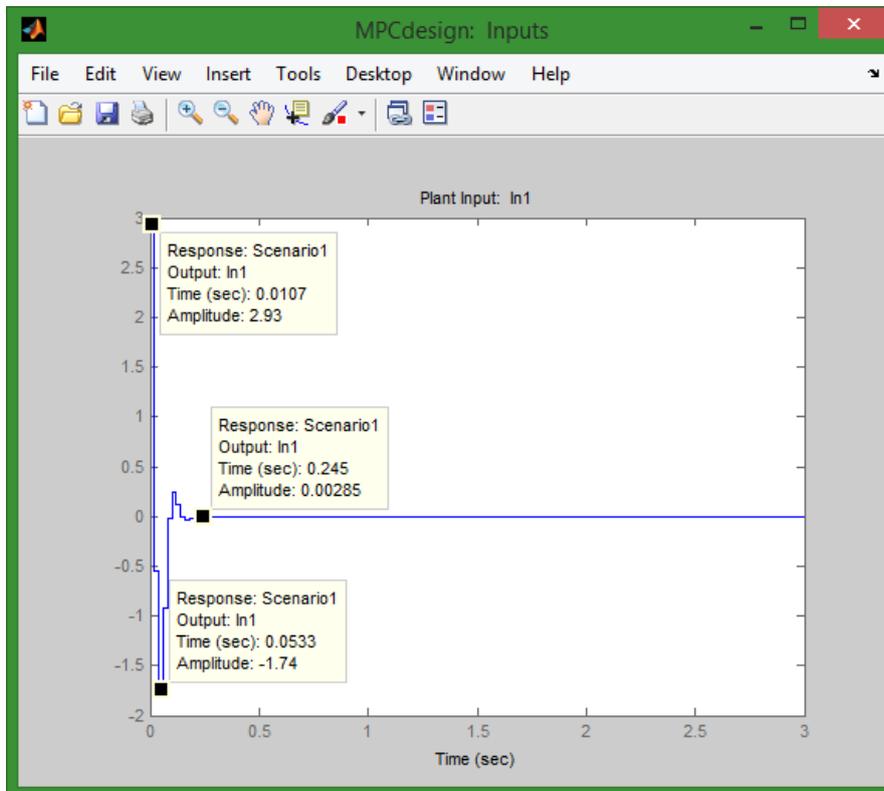


Figura IV-68: Grafica FT sin Control Predictivo.
Fuente: Autores.

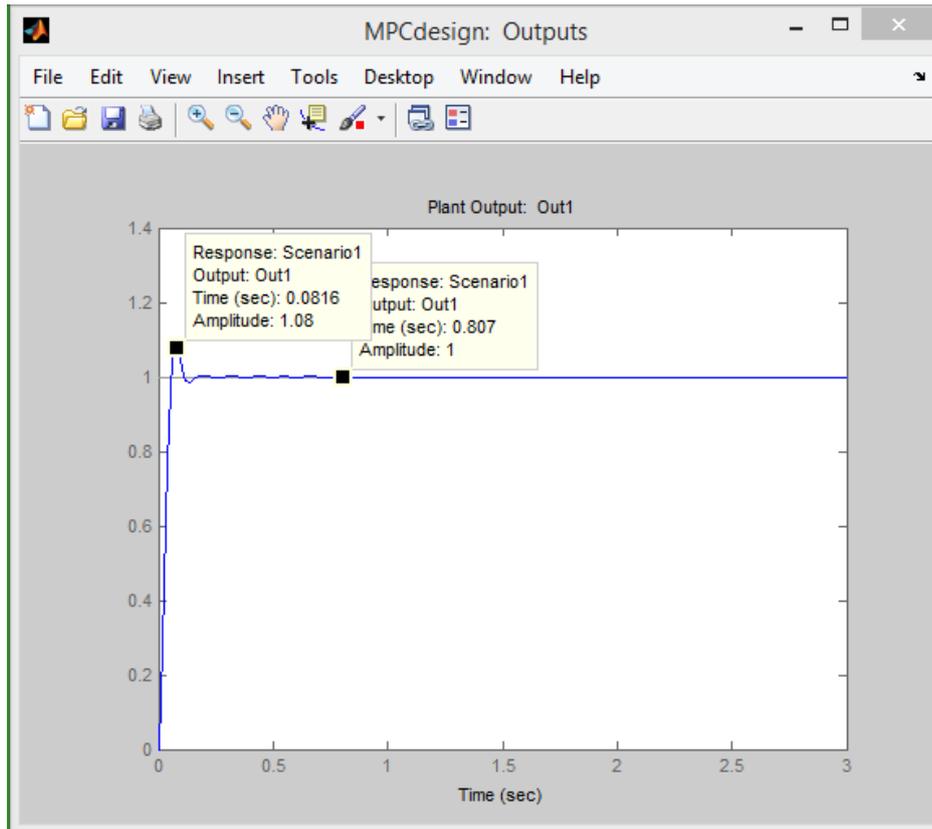


Figura IV-69: Grafica FT con Control Predictivo.

Fuente: Autores.

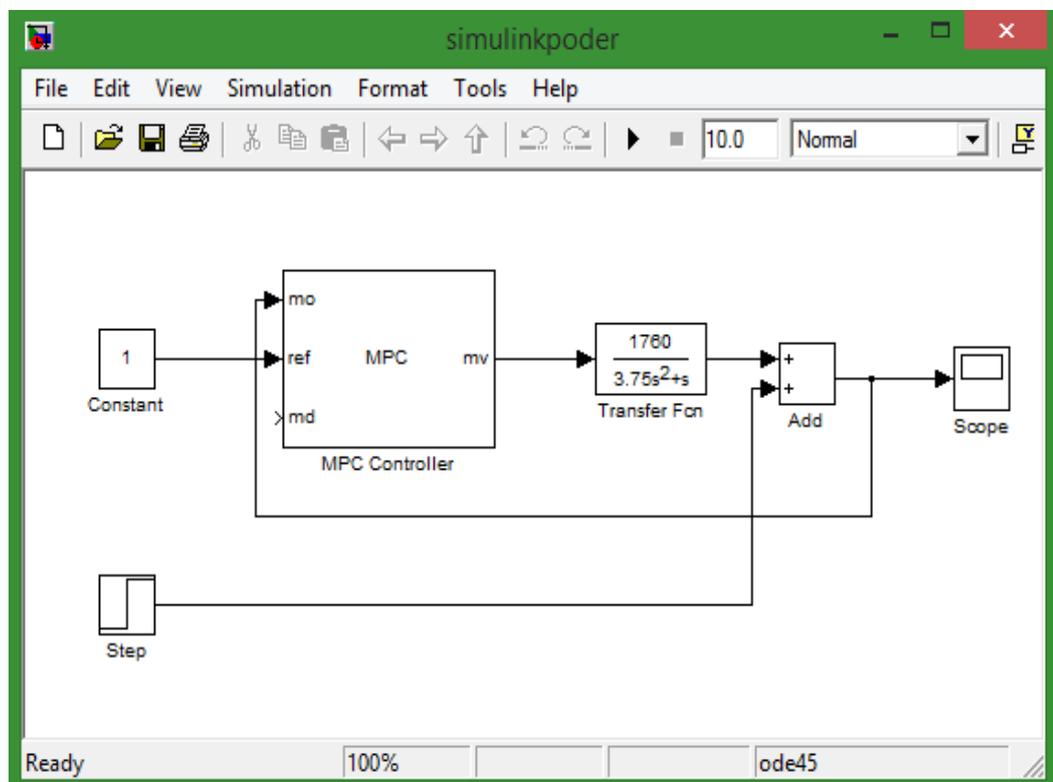


Figura IV-70: Simulación de introducción de Ruido al sistema.

Fuente: Autores.

En este grafico simulamos la inducción de ruido en el motor introduciendo una señal de pulso, esta se suma con la señal del motor y se produce la siguiente gráfica; vista de osciloscopio



*Figura IV-71: Grafica FT con Ruido.
Fuente: Autores.*

Control predictivo nos ayuda a que las diversas distorsiones de la señal (ruido) sean procesadas de tal manera que estas no conlleven mayor relevancia en el proceso que se está ejecutando y sea desarrollado de la misma manera.

4.7. ANALISIS DE RESULTADOS.

Para el análisis de nuestros resultados utilizamos el test T Student y el Software Estadístico R, con el cual leemos un archivo con los valores de producción antiguos y medios, y por medio de comandos este software calcula los valores y nosotros debemos interpretarlos con las tablas de valores críticos de los respectivos Test.

Para la verificación con T Student necesitamos comprobar que nuestros datos tengan una distribución normal, por lo tanto aplicamos el Test de Shapiro y nos dio un resultado de:

$$C=0.9112 \quad [\text{Valor Test de Shapiro}]$$

El valor crítico del test de Shapiro es de 0.866, y como nuestro valor es superior comprobamos que tenemos una distribución normal y es factible utilizar el test t Student; a continuación aplicamos el test y el resultado obtenido es:

$$t=47.621 \quad [\text{Valor Test t Student}]$$

El valor crítico para nuestros datos de test de Student 1.796, según nuestros resultados el valor obtenido es mucho mayor que el valor crítico por lo tanto concluimos que existe un aumento significativo en la producción, es decir con el cambio de sistema de control aumento el OEE.

CONCLUSIONES.

- En el diagnóstico inicial se encontró daños en el sistema de control por lo que el presente documento resuelve este problema analizado la mejor solución.
- Mediante rediseño de los sistemas eléctricos y electrónicos nos permitió una mejor redistribución del cableado ganar espacio físico y una mejor vista estética disminuyendo el efecto joule en las borneras de alimentación.
- Gracias a la programación del PLC se realizó un control de proceso fácil utilizando lenguaje grafset lo que nos permitió reducir los tiempos de producción y aumentar la eficiencia de la máquina.
- Al contar con una interfaz gráfica para comunicación con el operario de la maquinaria acorde a las exigencias propuestas por el mismo le permite tener un mejor control de la misma.
- Todo el trabajo realizado en la planta resultó muy satisfactorio aumentando la calidad del producto, manteniendo la estabilidad de la máquina en toda su producción.
- El cálculo del OEE actual nos permite observar que los cambios aplicados a la maquinaria fueron de los mejores tanto la calidad, producción, rendimiento y la disponibilidad aumentaron obteniendo un mejor producto.

RECOMENDACIONES.

- Es muy importante tener las hojas técnicas (datasheet) de los componentes de esta manera podemos realizar los cálculos correspondientes para posteriormente simularlo y aseguramos que el circuito sea implementado de una manera óptima.
- Hacer un correcto membretado de todos los cables que van a ser utilizados tanto de las entradas como en las salidas así también las polarizaciones de todas las válvulas, esto nos sirve de gran ayuda al momento de volver a reconectar el nuevo sistema de control.
- Tener en cuenta todos los terminales tanto del PLC, HMI, entradas analógicas de esta manera se previene que estos dispositivos sean conectados de forma errónea y se produzca un fallo parcial o total causando pérdidas del equipo.
- Para un buen manejo del nuevo sistema de control es necesario que el personal lea el manual de usuario y una inducción.
- Leer los instructivos de los módulos de esta manera se operará adecuadamente cada uno de los mismos, ya que se puede realizar configuraciones de corriente y voltaje y estas varían su tipo de conexión.
- Es recomendable que se haga un mantenimiento regular de la maquinaria en todo aspecto para que los componentes y actuadores estén calibrados de la mejor manera y puedan realizar el trabajo tal como lo está realizado en la actualidad.

RESUMEN.

Se diseñó e implementó un sistema de control con el propósito de mejorar el OEE (Eficiencia Global del Equipo) de una máquina inyectora de plástico para la producción de armadores de la empresa PARTIPLAST en Riobamba.

El diseño del sistema de control se realizó mediante software TwidoSuite para el PLC, Panel Studio para el HMI (Interfaz Hombre Máquina), se utilizó materiales como terminales, borneras, relés y cables, se redactó un manual de usuario para el manejo del sistema. Se realizó la programación Grafset en TwidoSuite y la programación gráfica en Panel Studio, estos elementos conectados mediante el protocolo Modbus TCP, el diseño de programación tiene como base el manejo óptimo de temperaturas, presiones y tiempos, los cuales pueden ser manipulados y controlados mediante el HMI y enviados mediante Modbus al PLC el cual se encarga de manipular cada elemento de la máquina inyectora, estos parámetros son los fundamentales en el proceso de producción. Logrando un incremento en la producción es decir en un horario de 9 am a 3 pm produce 1200 armadores mientras que antes se producían 800, el índice de armadores defectuosos se redujo si antes eran 120 armadores hoy tenemos 24 dañados.

En conclusión, el OEE de la máquina se incrementó en un 50%, se redujo pérdidas de materia prima en un 80%.

Como recomendación el operario de la máquina debe leer el manual de usuario.

Palabras Claves: SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO / MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICO / EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO [OEE] / PROTOCOLO MODBUS TCP / PROGRAMACIÓN GRAFSET.

SUMMARY.

It was designed and implemented a control system in order to improve OEE (Efficiency Global Team) of a plastic injection machine production company owners PARTIPLAST in Riobamba.

The control system design was performed by TwidoSuite software for PLC, Studio Panel for HMI (Human Machine Interface), materials used as terminals, terminal blocks, relays and cables, a user manual is written for system management. The SFC programming and graphical programming TwidoSuite Panel Studio was performed by these connected elements Modbus TCP, programming design is based on the optimal management of temperatures, pressures and times, which can be manipulated and controlled by the sent via Modbus HMI and PLC which is responsible for handling each element of the injection machine, these parameters are crucial in the production process. Achieving an increase in production that is on a schedule from 9 am to 3 pm produced before 1200 shipowners while 800 were produced, the rate of defective owners if they fell before 120 owners now have 24 damaged.

In conclusion, the machine OEE increased by 50%, loss of raw material is reduced by 80%.

As a recommendation the operator of the machine must read the user manual.

Keywords: AUTOMATIC SYSTEM / PLASTIC INJECTION MACHINE / EQUIPMENT CONTROL EFFICIENCY GLOBAL [OEE] / MODBUS TCP / PROGRAMMING GRAFSET.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1], [3] Dorf, R. (2005). *Sistemas de control moderno*. Madrid, España: Pearson Educacion. Pp 1-75.
- [2] Floba, A.S. (2012). *Automatizacion, manufactura y mantenimiento*. Recuperado de <http://flobaautomation.blogspot.com/2012/02/definicion-de-automatizacion.html>
- [4] Agudelo, F. (s.f.). *Repotenciación de maquinaria*. Revista Industrial Metal actual. Pp 32-33.
- [5] Suarez, T. (2007). *Inspecciones de seguridad*. Recuperado de <http://es.slideshare.net/saualsalas/2-inspecciones-presentation>
- [6] Duarte, G. (2001). *Sistema de gestión preventiva: revision de seguridad y mantenimiento de equipos*. Recuperado de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_577.pdf
- [7] HMS, I.N. (2014). *Modbus TCP/IP protocol*. Recuperado de <http://www.anybus.com/technologies/modbustcp2.shtml>
- [8] Atlantic International University. (2010). *Introduccion a los sistemas hidráulicos*. Recuperado de <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%201.pdf>

- [9] Pernía, A. (2009). *Protección eléctrica de semiconductores*. Recuperado de <http://pels.edv.uniovi.es/pels/pels/Pdf/Leccion%20Snubbers.pdf>
- [10] Flores, V. (2011). *Sistemas hidráulicos*. Recuperado de <http://es.slideshare.net/vfloresg/bombas-hidraulicas>.

ANEXOS

ANEXO 1

FORMATO DE HOJA DE REVISIÓN

FICHA INTEGRADA DE MANTENIMIENTO/REVISIÓN DE SEGURIDAD DE EQUIPOS																
Tipo máquina/equipo: _____ Código: _____										Responsable de la revisión: _____ Mes: _____						
ASPECTOS A REVISAR	FRECUENCIA DE REVISIÓN (*)			FRECUENCIA DE REVISIÓN SEMANAL						FRECUENCIA DE REVISIÓN QUINCENAL						
	Fecha	Firma	Cód.	Fecha	Firma	Cód.	Fecha	Firma	Cód.	Fecha	Firma	Cód.	Fecha	Firma	Cód.	
MANTENIMIENTO																
1	•	_____														
2	•	_____														
3	•	_____														
LIMPIEZA																
1	•	_____														
2	•	_____														
3	•	_____														
SEGURIDAD																
1																
2																
3																
COD.	ANOMALÍAS DETECTADAS			ACCIONES ADOPTADAS												
•																
•																
•																

(*) La frecuencia de revisión del mantenimiento vendrá determinada por las especificaciones del fabricante contenidas en el manual de instrucciones, los resultados obtenidos en revisiones anteriores y, en su caso, por el conocimiento y experiencia en el uso del equipo. En el caso de detectar anomalías en algunos aspectos, se le asignará un código numérico y se cumplimentará el cuadro anterior indicando las anomalías detectadas y las acciones que se han llevado a cabo para subsanarlas.

Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/>

ANEXO 2

Valores Críticos Test de Shapiro

n \ P	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	0.9	0.95	0.98	0.99
3	0.753	0.756	0.767	0.789	0.959	0.998	0.999	1.000	1.000
4	0.687	0.707	0.748	0.792	0.935	0.987	0.992	0.996	0.997
5	0.686	0.715	0.762	0.806	0.927	0.979	0.986	0.991	0.993
6	0.713	0.743	0.788	0.826	0.927	0.974	0.981	0.986	0.989
7	0.730	0.760	0.803	0.838	0.928	0.972	0.979	0.985	0.988
8	0.749	0.778	0.818	0.851	0.932	0.972	0.978	0.984	0.987
9	0.764	0.791	0.829	0.859	0.935	0.972	0.978	0.984	0.986
10	0.781	0.806	0.842	0.869	0.938	0.972	0.978	0.983	0.986
11	0.792	0.817	0.850	0.876	0.940	0.973	0.979	0.984	0.986
12	0.805	0.828	0.859	0.883	0.943	0.973	0.979	0.984	0.986
13	0.814	0.837	0.866	0.889	0.945	0.974	0.979	0.984	0.986
14	0.825	0.846	0.874	0.895	0.947	0.975	0.980	0.984	0.986
15	0.835	0.855	0.881	0.901	0.950	0.975	0.980	0.984	0.987
16	0.844	0.863	0.887	0.906	0.952	0.976	0.981	0.985	0.987
17	0.851	0.869	0.892	0.910	0.954	0.977	0.981	0.985	0.987
18	0.858	0.874	0.897	0.914	0.956	0.978	0.982	0.986	0.988
19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989
23	0.881	0.895	0.914	0.928	0.962	0.981	0.984	0.987	0.989
24	0.884	0.898	0.916	0.930	0.963	0.981	0.984	0.987	0.989
25	0.888	0.901	0.918	0.931	0.964	0.981	0.985	0.988	0.989
26	0.891	0.904	0.920	0.933	0.965	0.982	0.985	0.988	0.989
27	0.894	0.906	0.923	0.935	0.965	0.982	0.985	0.988	0.990
28	0.896	0.908	0.924	0.936	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
29	0.898	0.910	0.926	0.937	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
30	0.900	0.912	0.927	0.939	0.967	0.983	0.985	0.988	0.990
31	0.902	0.914	0.929	0.940	0.967	0.983	0.986	0.988	0.990
32	0.904	0.915	0.930	0.941	0.968	0.983	0.986	0.988	0.990
33	0.906	0.917	0.931	0.942	0.968	0.983	0.986	0.989	0.990
34	0.908	0.919	0.933	0.943	0.969	0.983	0.986	0.989	0.990
35	0.910	0.920	0.934	0.944	0.969	0.984	0.986	0.989	0.990
36	0.912	0.922	0.935	0.945	0.970	0.984	0.986	0.989	0.990
37	0.914	0.924	0.936	0.946	0.970	0.984	0.987	0.989	0.990
38	0.916	0.925	0.938	0.947	0.971	0.984	0.987	0.989	0.990
39	0.917	0.927	0.939	0.948	0.971	0.984	0.987	0.989	0.991
40	0.919	0.928	0.940	0.949	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
41	0.920	0.929	0.941	0.950	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
42	0.922	0.930	0.942	0.951	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
43	0.923	0.932	0.943	0.951	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
44	0.924	0.933	0.944	0.952	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
45	0.926	0.934	0.945	0.953	0.973	0.985	0.988	0.990	0.991
46	0.927	0.935	0.945	0.953	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
47	0.928	0.936	0.946	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
48	0.929	0.937	0.947	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
49	0.929	0.939	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
50	0.930	0.938	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991

Fuente: <http://www.real-statistics.com/wp-content/uploads/2012/12/image3742.png>

ANEXO 3

Valores Críticos Test T de Student

Distribución T de Student

k \ P	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9995
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,38	1,96	3,078	6,314	12,71	31,8	63,7	637
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,06	1,39	1,886	2,920	4,30	6,96	9,92	31,6
3	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,25	1,638	2,353	3,18	4,54	5,84	12,9
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,19	1,533	2,132	2,78	3,75	4,60	8,61
5	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,920	1,16	1,476	2,015	2,57	3,36	4,03	6,86
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,13	1,440	1,943	2,45	3,14	3,71	5,96
7	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,12	1,415	1,895	2,36	3,00	3,50	5,40
8	0,130	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,11	1,397	1,860	2,31	2,90	3,36	5,04
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,10	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25	4,78
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,09	1,372	1,812	2,23	2,76	3,17	4,59
11	0,129	0,260	0,396	0,540	0,697	0,876	1,09	1,363	1,796	2,20	2,72	3,11	4,44
12	0,128	0,259	0,395	0,539	0,695	0,873	1,08	1,356	1,782	2,18	2,68	3,06	4,32
13	0,128	0,259	0,394	0,538	0,694	0,870	1,08	1,350	1,771	2,16	2,65	3,01	4,22
14	0,128	0,258	0,393	0,537	0,692	0,868	1,08	1,341	1,761	2,14	2,62	2,98	4,14
15	0,128	0,258	0,393	0,536	0,691	0,866	1,07	1,337	1,753	2,13	2,60	2,95	4,07
16	0,128	0,258	0,392	0,535	0,690	0,865	1,07	1,333	1,746	2,12	2,58	2,92	4,02
17	0,128	0,257	0,392	0,534	0,689	0,863	1,07	1,330	1,740	2,11	2,57	2,90	3,96
18	0,127	0,257	0,392	0,534	0,688	0,862	1,07	1,328	1,734	2,10	2,55	2,88	3,92
19	0,127	0,257	0,391	0,533	0,688	0,861	1,07	1,325	1,729	2,09	2,54	2,86	3,88
20	0,127	0,257	0,391	0,533	0,687	0,860	1,06	1,323	1,725	2,09	2,53	2,84	3,85
21	0,127	0,257	0,391	0,532	0,686	0,859	1,06	1,321	1,721	2,08	2,52	2,83	3,82
22	0,127	0,256	0,390	0,532	0,686	0,858	1,06	1,319	1,717	2,07	2,51	2,82	3,79
23	0,127	0,256	0,390	0,532	0,685	0,858	1,06	1,318	1,714	2,07	2,50	2,81	3,77
24	0,127	0,256	0,390	0,531	0,685	0,857	1,06	1,316	1,711	2,06	2,49	2,80	3,74
25	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,06	1,315	1,708	2,06	2,48	2,79	3,72
26	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,06	1,314	1,706	2,06	2,48	2,78	3,71
27	0,127	0,256	0,389	0,531	0,684	0,855	1,06	1,313	1,703	2,05	2,47	2,77	3,69
28	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,855	1,06	1,311	1,701	2,05	2,47	2,76	3,67
29	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,05	1,310	1,699	2,04	2,46	2,76	3,66
30	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,05	1,303	1,697	2,04	2,46	2,75	3,65
∞	0,126	0,253	0,385	0,524	0,674	0,842	1,04	1,282	1,645	1,96	2,33	2,58	3,29

P ($T \leq t$) para k grados de libertad. Por ejemplo, para k = 2 grados de libertad, P ($T \leq 0,142$) = 0,55. P ($T \geq 0,142$) = 0,45.

Fuente: http://www.conexionismo.com/doc/2mue_indep/t-student.jpg

ANEXO 4

Tabla anchura de Pistas Para circuitos Impresos.

Anchura de pista en mm	Incr. de T° Admisible			
	Cu 35 μm	10°C	20°C	30°C
0.36 mm		0.9 A	1.2 A	1.8 A
0.4		1	1.3	1.9
0.72		1.8	2.7	3.5
1.14		2.7	3.8	4.6
1.78		3.7	5.2	6.2
2.5		4.7	6.8	8.2
3.5		5.7	8.3	10.5
4.5		7	9.7	12
5.8		7	11.2	14
7.1		9.1	13	16.1

Fuente: <http://usuaris.tinet.cat/sje/pcb/diseno.htm>

ANEXO 5

MANUAL TÉCNICO PANEL STUDIO

MANUAL TÉCNICO PANEL STUDIO



Introducción.

El software de diseño para el HMI (Interfaz Hombre Máquina) se denomina Panel Studio. Este software es muy similar a la interfaz que manejan los programas visuales como C#, Visual Basic, y demás, existen 2 versiones la diferencia entre ellas es que la una consta de más elementos gráficos y la otra con elementos necesarios.

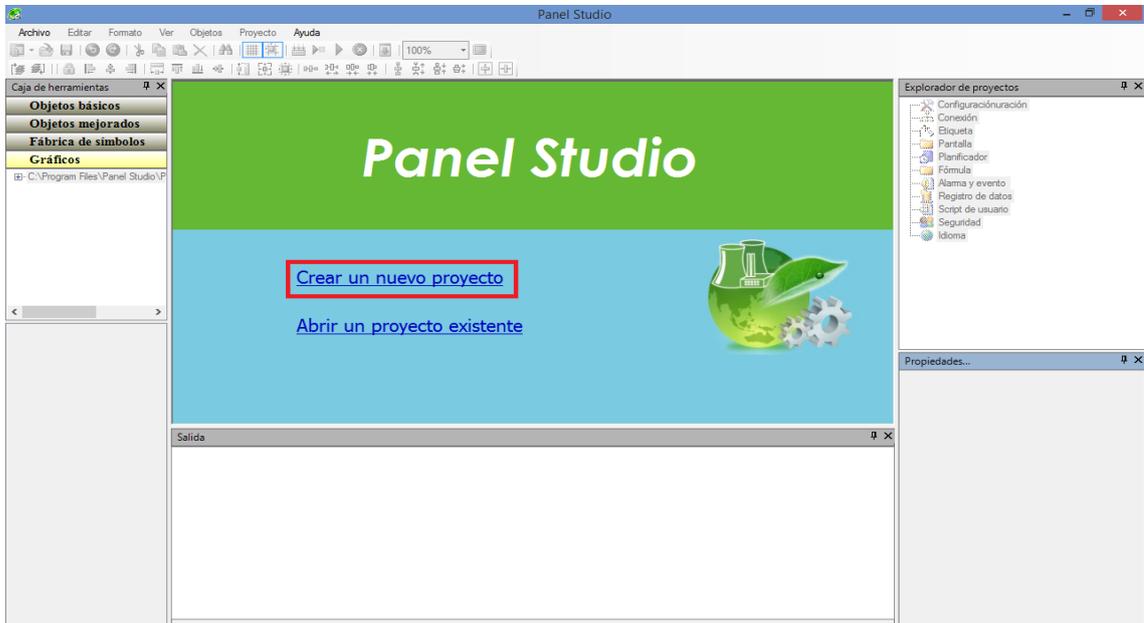
El proceso de instalación es sencillo por eso detallaremos una vez instalado el software, y la creación de una interfaz como la desarrollada en nuestra investigación, cabe recalcar que este software difiere de los antes mencionados en que dispone de una opción de conexión propia de estos elementos como es un servidor OPC, el cual permite la conexión con distintos elementos a nivel industrial.

ÍNDICE

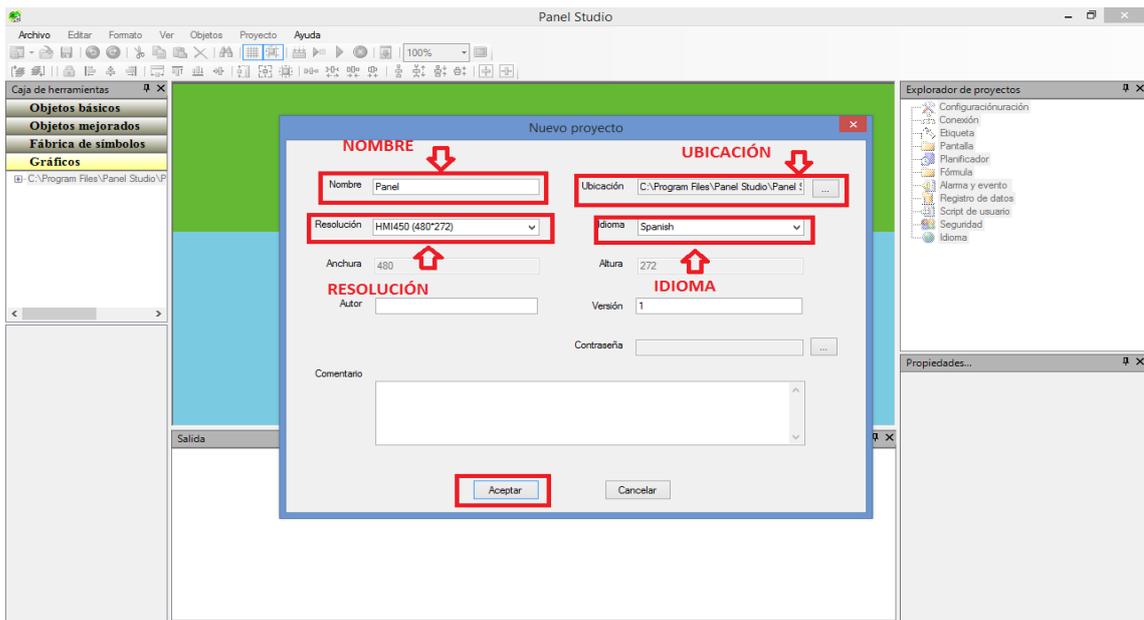
INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
CREAR PROYECTO.....	- 3 -
ÁREA DE TRABAJO.....	- 4 -
ELEMENTOS DE DISEÑO Y PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS.....	- 4 -
• NUMÉRICO ARRIBA ABAJO	- 5 -
• ETIQUETA	- 6 -
• ETIQUETA FECHA Y HORA.....	- 6 -
• BOTÓN.....	- 7 -
• CASILLA	- 7 -
• CUADRO DE LISTA	- 8 -
• CUADRO DE IMAGEN	- 8 -
OPCIONES DE PROYECTO.....	- 9 -
• CONFIGURACIÓN	- 9 -
• CONEXIÓN	- 9 -
• ETIQUETA.	- 12 -
• SCRIPT DE USUARIO	- 13 -

Crear proyecto.

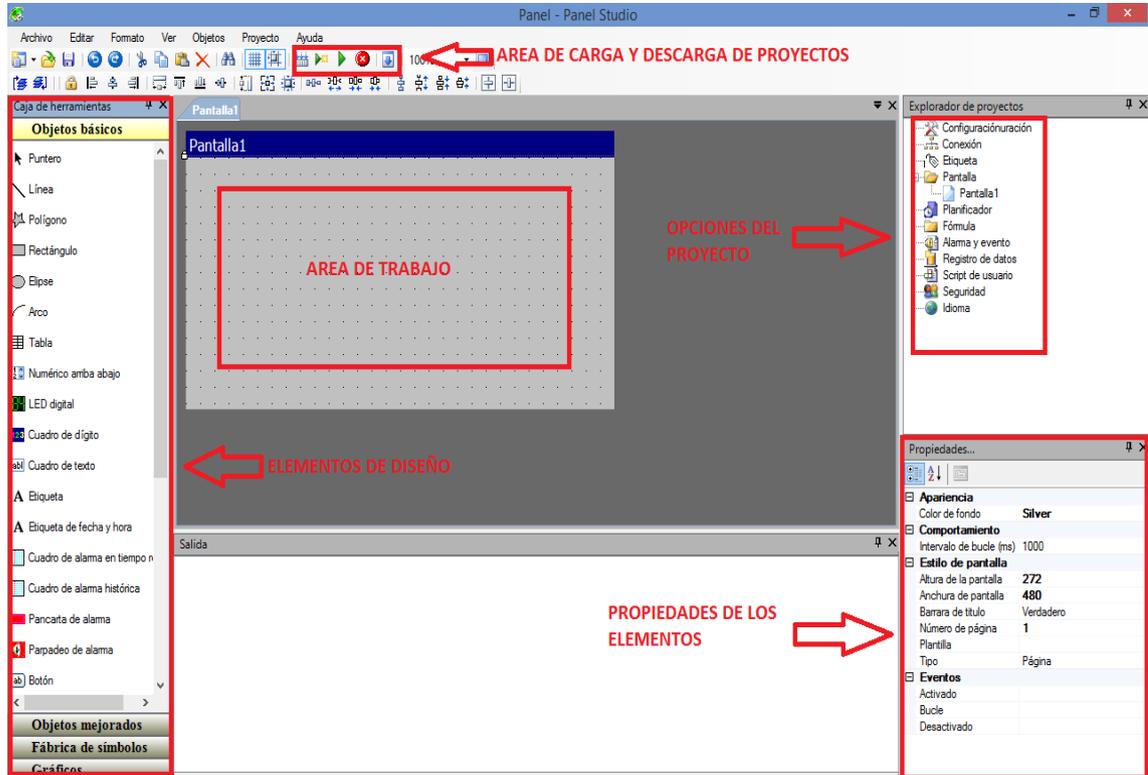
Clickamos en *Crear un nuevo proyecto*,



A continuación nos da a escoger el tipo de resolución de nuestro HMI, el nombre y ubicación del proyecto y el idioma en que vamos a manejarlo, para continuar clickamos en aceptar.



El siguiente punto son los elementos de trabajo propios para la realización de nuestros proyectos.



Área de trabajo.

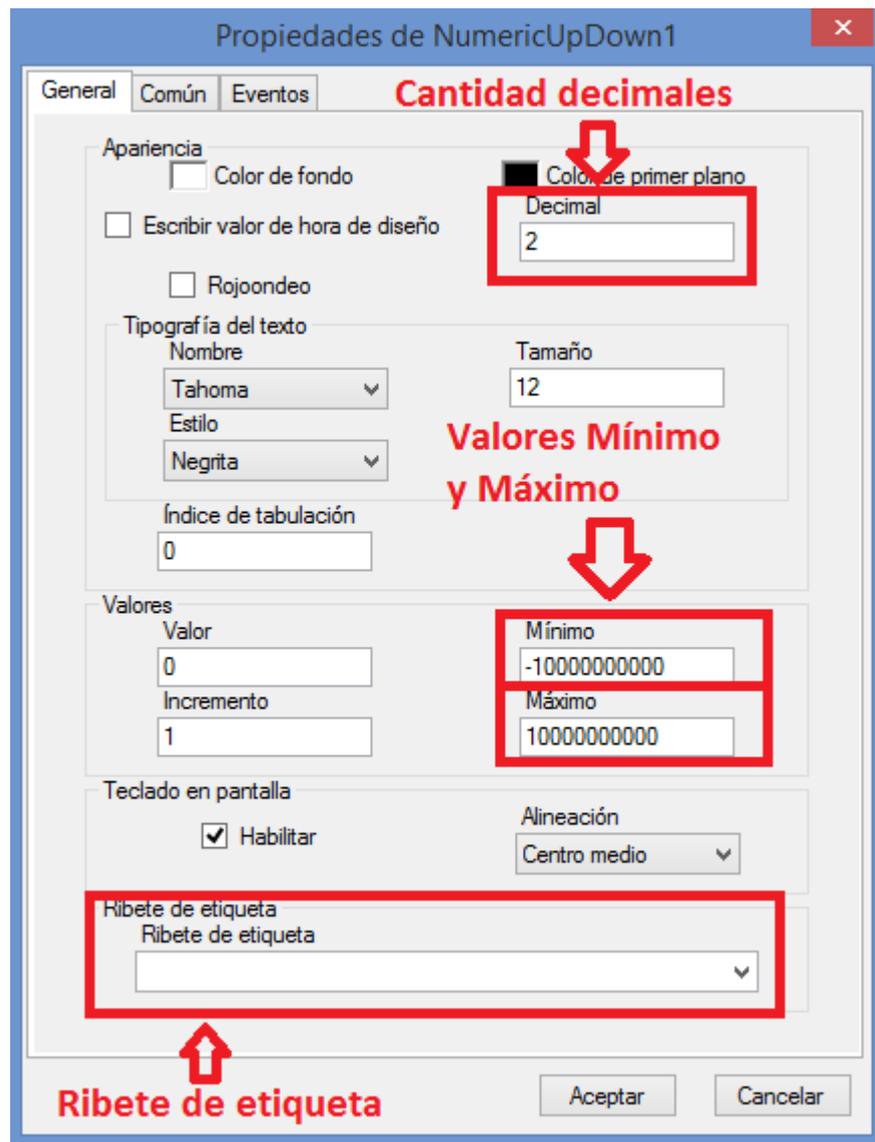
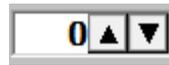
Es el espacio en el cual nos disponemos a diseñar nuestra interfaz, es el lugar en donde se ubican los botones, textos, cuadros numéricos y gráficos.

Elementos de Diseño y Propiedades de los Elementos.

Son los objetos que vamos a utilizar para el desarrollo de la interfaz, cada objeto tiene características únicas entre las cuales detallaremos las más necesarias para cada elemento, existen funciones especiales que tienen como son los eventos que pueden realizar cada objeto, entre los principales detallaremos los siguientes:

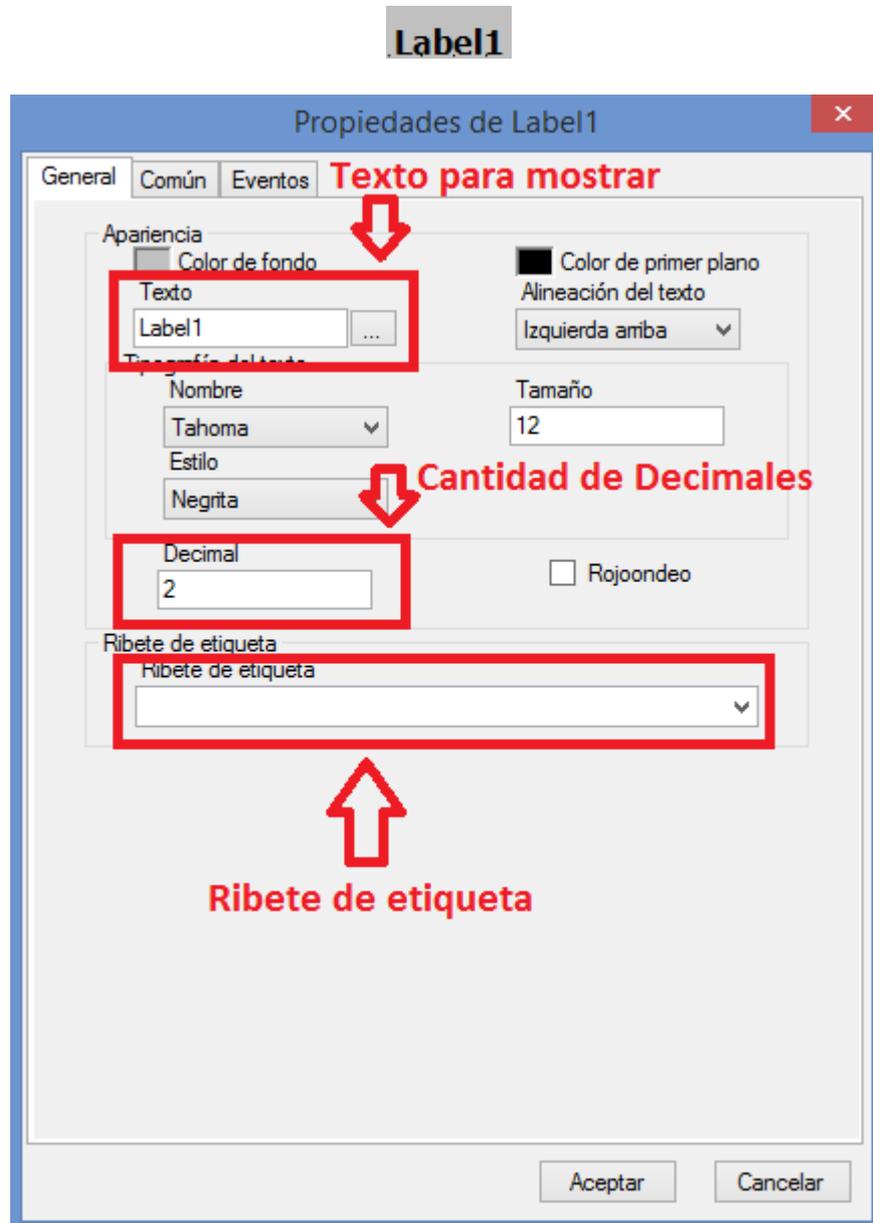
- **Numérico Arriba Abajo**

Es el objeto que nos permite envió de datos numéricos, tiene configuraciones como: cuantos números decimales, valor mínimo y máximo, ribete de etiqueta, que es a la variable a la cual se va a enlazar.



- **Etiqueta**

Es un objeto básico que su función es utilizarlo como texto plano para describir una opción.



- **Etiqueta Fecha y Hora**

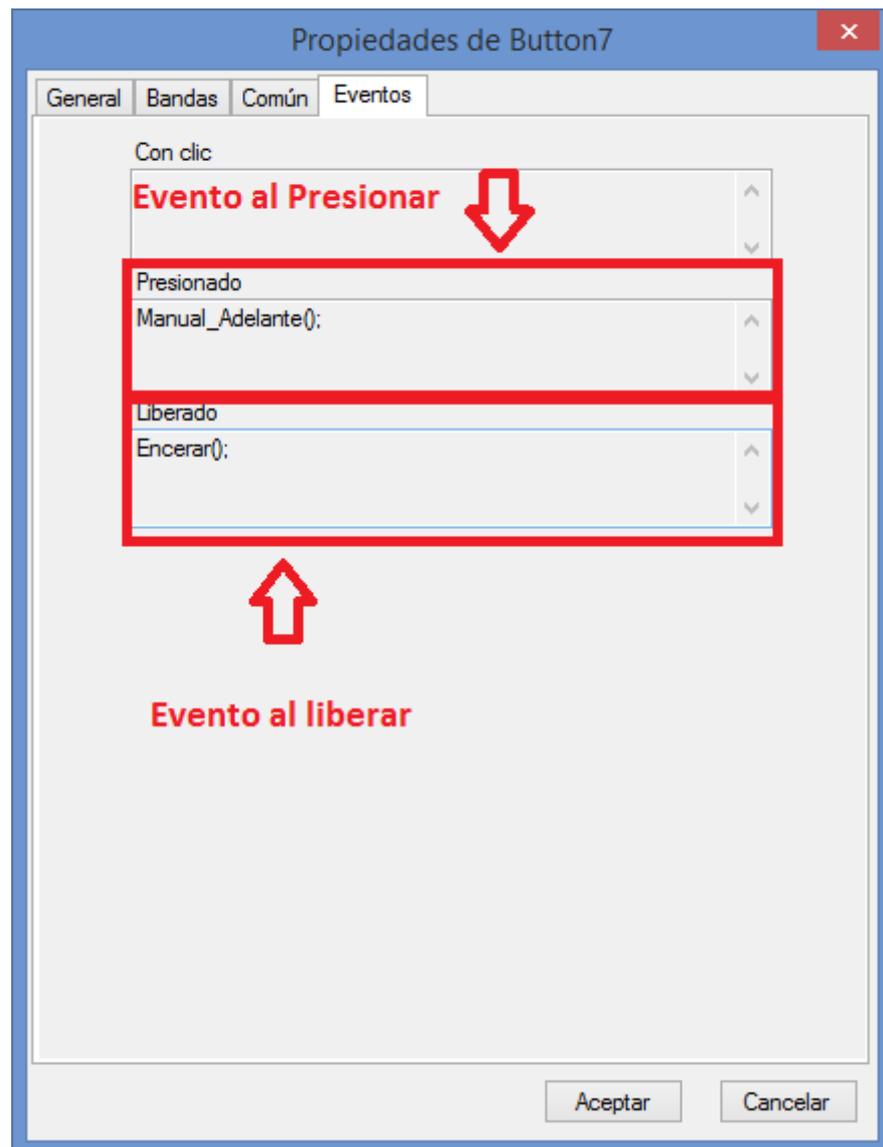
Muestra el día, fecha y hora actual del sistema, su configuración se la realiza directamente en el HMI, en sus opciones básicas.

04/12/2014 11:35:56

- **Botón**

Su principal función es un actuador al momento de presionarlo o liberarlo.

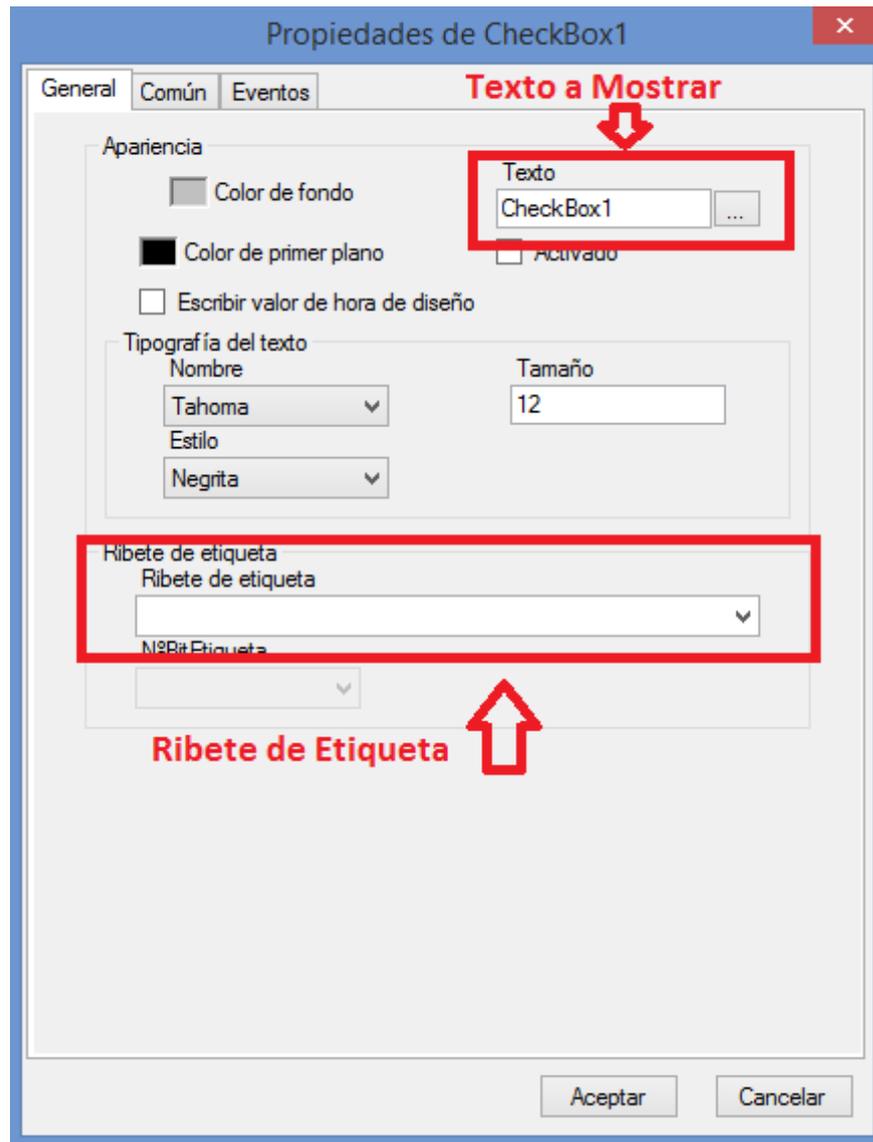
Button1



- **Casilla**

Sirve para realizar una acción mientras este presionado.

CheckBox1



- **Cuadro de lista**

Sirve para que el usuario escoja de varias opciones existentes en ese cuadro.



- **Cuadro de Imagen**

Selecciona una imagen desde un directorio y la ubica en nuestra interfaz.



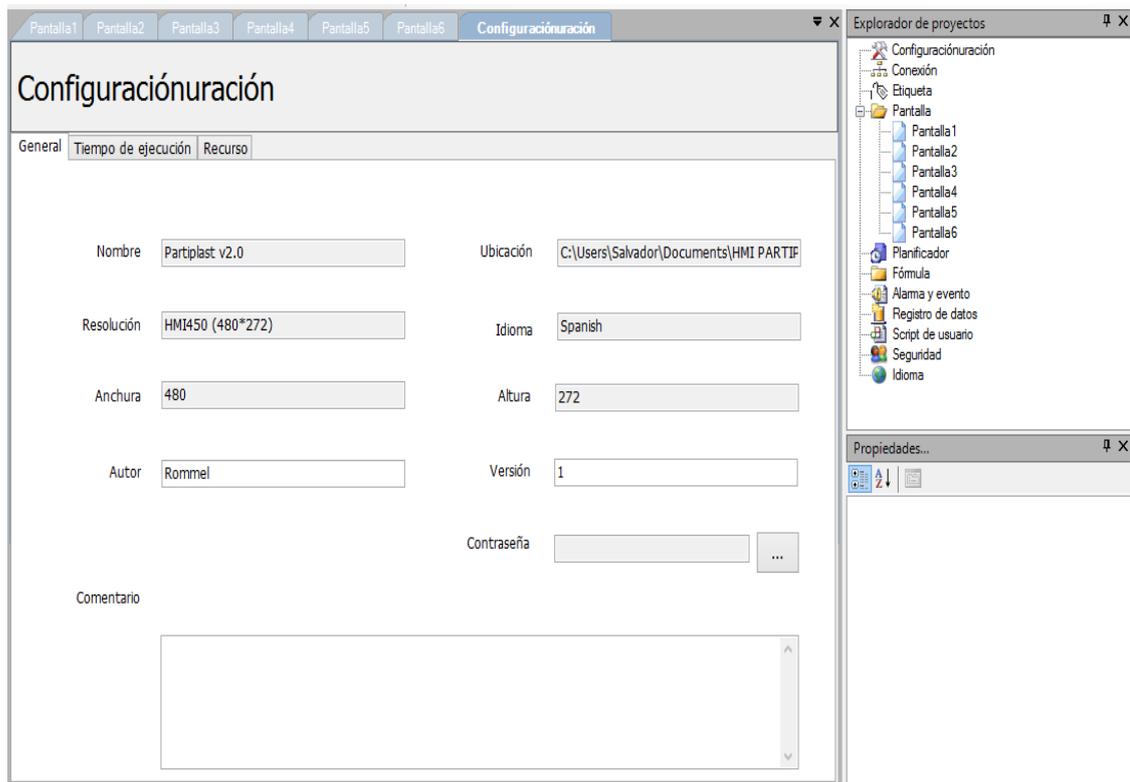
Opciones de Proyecto

Son los diferentes aspectos que tiene el software de diseño para poder realizar configuraciones extras y ocupar elementos únicos existentes y de gran ayuda.

Como son:

- **Configuración**

Nos indica el tamaño del HMI, la ubicación del archivo la versión y contraseña en caso de tenerla.

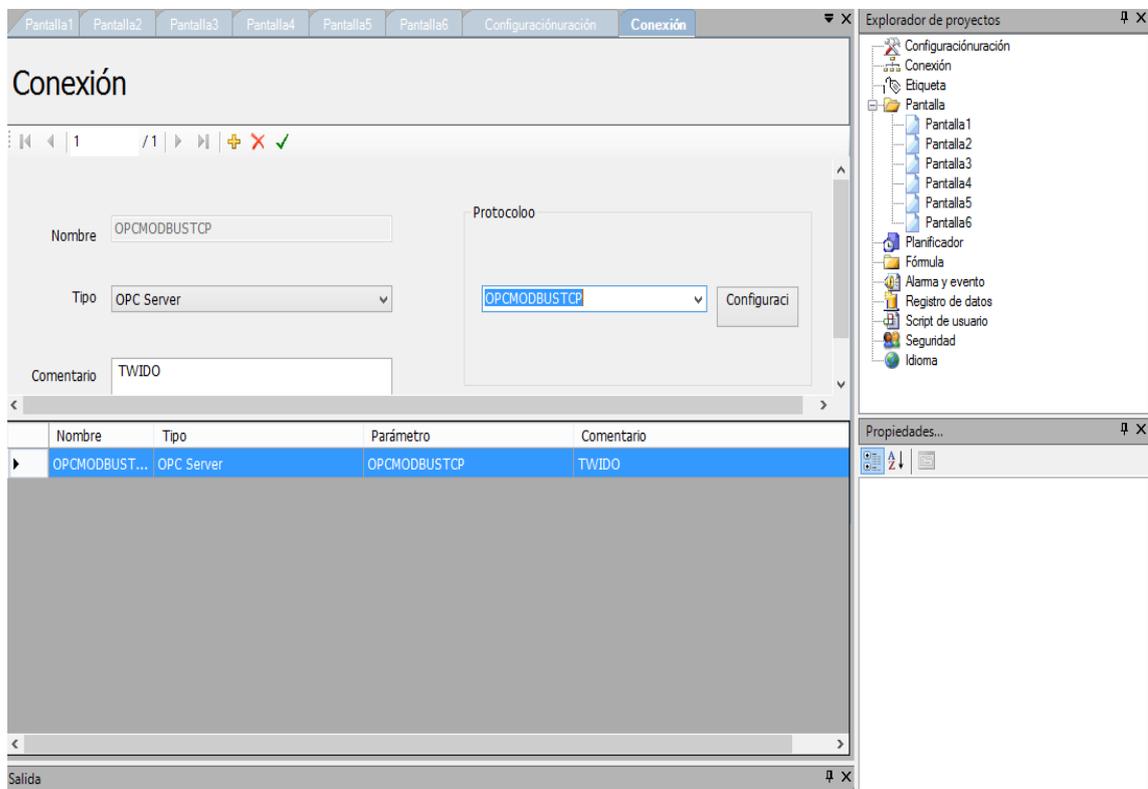


- **Conexión**

Existen 3 tipos de conexión que podemos utilizar en Panel Studio son:

- OPC Server.
- Other Networks.
- General.

En el presente proyecto utilizaremos la opción de OPC Server, en la cual nos da un sin número de opciones, de entre las cuales la manera de comunicación entre nuestro PLC y HMI será el protocolo OPCMODBUSTCP porque en nuestro caso se lo usara mediante Ethernet y solo con 2 dispositivos.



En la configuración del OPCMODBUSTCP realizaremos la configuración de la dirección IP de nuestro PLC un nombre que nosotros le denominaremos y el resto con la configuración por defecto.

The image shows a configuration dialog box for a TWIDO device. The 'Name' field is 'TWIDO'. The 'IP Address' is '192 . 168 . 10 . 30'. There is a 'Simulate' checkbox. The 'Unit Identifier' is '1' and the 'TCP Port' is '502'. The 'Device Type' is set to 'Custom'. The 'Parameters' are set to 'Ideal'. The 'Timeouts (ms)' section includes: Read: 5000, Write: 5000, Timeouts to suspend: 3, Suspend period: 10000, and Delay: 10. The 'Optimizations' section includes: Bits: 160 and Wgrds: 5. The 'Templates' section has three options: 'Use Template' (unchecked), 'Simple Template' (checked), and 'Parameterized Template' (unchecked). The 'Starting Address Base' is '0'. At the bottom are 'Apply', 'Reset', and 'Add New' buttons.

Siguiente a esto realizaremos la creación de variables, en este caso ocupamos 2 de las 4 opciones existentes.

La opción Output Register AO (4xxxx), es para la opción de variables análogas para lectura y escritura de datos, también existe solo para lectura, los aspectos importantes son la dirección de la memoria, los otros datos son para uso de la programación.

The image shows a configuration dialog box for a variable named 'PRESION_EXPULSORES'. The 'Name' and 'Description' fields both contain 'PRESION_EXPULSORES'. There is a 'Simulate' checkbox. The 'Register/Relay type' is set to 'Output Register AO (4xxxx)'. The 'Simulation' section includes: Signal: <Not Assigned>, Manual: unchecked, Value: 0, Starting address: 37, and Read/Write: Read. The 'Data type' section includes: BOOL, INT, DINT, UDINT, REAL, STRING, BCD, and LBCD. 'UINT' is selected. 'Data length (bytes)' is 10. 'Vector' is unchecked, and 'Number of elements' is 20. The 'Bit field' section includes: Bit #: 0 and Count: 1. The 'Use conversion' section includes: Name: None (to/from float). At the bottom are 'Apply', 'Reset', and 'Add New' buttons.

La opción Output Coil DO (0xxxx), las características son las mismas que las anteriores con la excepción de que se la usa para variables digitales.

1 Name: CLAMP_ADELANTE
Description: CLAMP_ADELANTE Simulate

Register/Relay type: Output Coil DO (0xxxx)

Simulation: Signal: <Not Assigned>
 Manual Value: 0

Data type: BOOL UINT STRING
 INT UDINT BCD
 DINT REAL LBCD
Data length (bytes): 10
 Vector
Number of elements: 20

Starting address: 18
Read/Write

Bit field
Bit #: 0 Count: 1

Use conversion
Name: None (to/from float)

Apply Reset Add New

- **Etiqueta.**

Sirve para crear variables analógicas y digitales, modificar tiempos de respuesta, además se encuentran las variables creadas en el Servidor OPC.

Etiqueta

Definido por el usuario Sistema Conversión

Conexión: OPCMODBUSTCP Registrar: TWIDO_VEL_CLAM_2

Nombre: TWIDO_VEL_CLAM_2

Lectura y escritura: Lectura y escritura Tipo: Analógico

Modo de búsqueda: Automático Tasa de: 400 ms

Conversión: Deshabilitar

Ganancia: 1
Desfase: 0

Conexión	Nombre	Tipo	Modo de búsqueda	Tasa de búsqueda	Reg
Internal Memory	P8	Digital	Automático	100	None
Internal Memory	P9	Digital	Automático	100	None
Internal Memory	P10	Digital	Automático	100	None
OPCMODBUST...	TWIDO_CADENA	Digital	Automático	100	TWII
OPCMODBUST...	TWIDO_CADENA_ADELANTE	Digital	Automático	100	TWII

- **Script de Usuario**

Sirve para programar en lenguaje C rutinas y subrutinas con las cuales podamos manipular cualquier elemento en nuestro programa, la programación tiene similitud con C#, la mayoría de sus comandos son los mismos.

Script de usuario

Nombre:

Expresión:

```
if (VarSleed==0){VarSleed=1;TWIDO_SLEED=1;Pantalla2.Button1.BackColor=Color.FromArgb(255,0,0);
Pantalla2.Button2.Enable=false;Pantalla2.Button3.Enable=false;Pantalla2.Button4.Enable=false;
Pantalla2.Button5.Enable=false;Pantalla2.Button8.Enable=false;Pantalla2.Button9.Enable=false;
Pantalla2.Button10.Enable=false;Pantalla2.Button11.Enable=false;Pantalla2.Button14.Enable=false;
Pantalla2.Button15.Enable=false;}else{VarSleed=0;TWIDO_SLEED=0;
```

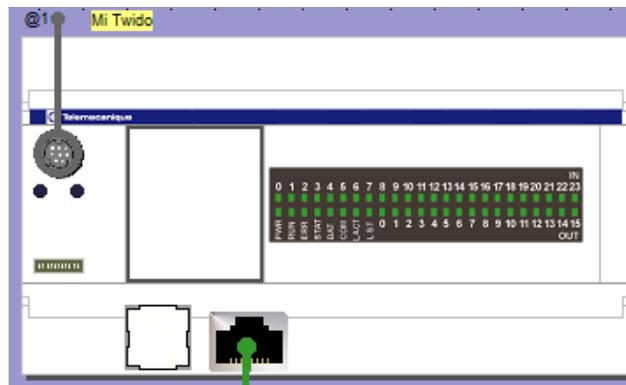
Nombre	Expresión
Sleed	if (VarSleed==0){VarSleed=1;TWIDO_SLEED=1;Pantalla2.Button1.B...
Manual_Ade...	if (VarSleed==1){TWIDO_SLEED_ADELANTE=1;}if (VarCadena==1)...
Manual_Atras	if (VarSleed==1){TWIDO_SLEED_ATRAS=1;}if (VarCadena==1){T...
Encerar	TWIDO_SLEED_ADELANTE=0;TWIDO_SLEED_ATRAS=0;TWIDO_C...
Expulsores	if (VarExpulsores==0){VarExpulsores=1;TWIDO_EXPULSORES=1;Pa...
Clamp	if (VarClamp==0){VarClamp=1;TWIDO_CLAMP=1;Pantalla2.Button4....
Carga	if (VarCarga==0){VarCarga=1;TWIDO_CARGA=1;Pantalla2.Button5....
Inyeccion	if (VarInyeccion==0){VarInyeccion=1;P2=1;Pantalla2.Button9.BackC...
Modo_manual	if (Modo_M==0){GotoPageByNumber(2);Pantalla3.Button9.Enable=t...
Cadena	if (VarCadena==0){VarCadena=1;TWIDO_CADENA=1;Pantalla2.Butt...
AUTOMATICO	if ((TWIDO_PUERTAS==1)&(P9==0)&(P10==1)){//CLAMPP1=1;P9...
ACTSuccion	if (P4==1){TWIDO_SUCCION=1;}else{TWIDO_SUCCION=0;}
CLAMP_ADEI	if ((TWIDO_PUERTAS==1)&(P10==0))TWIDO_CLAMP_ADELANTE

ANEXO 6

MANUAL USUARIO TWIDOSUITE

CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE.

La función básica y primordial del PLC ha evolucionado con los años para incluir el control del relé secuencial, control de movimiento, control de procesos, sistemas de control distribuido y comunicación por red. Las capacidades de manipulación, almacenamiento, potencia de procesamiento y de comunicación de algunos PLC's modernos son aproximadamente equivalentes a las computadoras de escritorio.



DESCRIPCIÓN DEL PLC TWDLCAE40DRF.

Módulo compacto de 40 E/S de las cual 24 son entradas y 16 salidas de 24vts, 16 por relé y 2 por transistor además de un puerto de Ethernet para comunicación con HMI finalmente la alimentación es 120/240 Ac.

Con los autómatas Twido pueden utilizarse cuatro tipos de comunicaciones:

- Conexión del bus AS-Interface con 7 esclavos.
- Conexión al bus de campo CANopen.
- Conexión de red Ethernet.
- Conexión por módem.

Para poder utilizar estos servicios, existen tres protocolos disponibles en cada base:

- Conexión remota longitud máxima de toda la red: 200 m (650 pies).
- Modbus tipo EIA RS485 sin aislamiento; longitud máxima limitada a 200 m.
- Modo ASCII o RTU, Tipo EIA RS485 sin aislamiento; longitud máxima limitada a 200 m.
- ASCII protocolo semidúplex hacia un dispositivo.

FUNCIONES AVANZADAS DE LAS BASES COMPACTAS TWDLCAE40DRF

Las funciones integradas avanzadas del TWDLCAE40DRF:

- Puerto de red Ethernet 100Base-TX integrado: sólo TWDLCAE40DRF.
- Reloj de tiempo real (RTC) integrado.
- Un cuarto contador rápido (FC).
- Soporte de batería externa.
- Capacidad de memoria de 256 bits.
- Tiempo de ejecución es de 1.4us-0.9us.
- Puertos de programación EIA RS485 y puerto de comunicación Ethernet RJ45 integrado.

Ampliaciones

- Modular TWDLCAE40DRF hasta siete módulos de E/S de ampliación
- Hasta siete módulos de E/S de ampliación.
- Hasta dos módulos de interface del bus AS-Interface.

- Un módulo de interface del bus de campo CANopen.

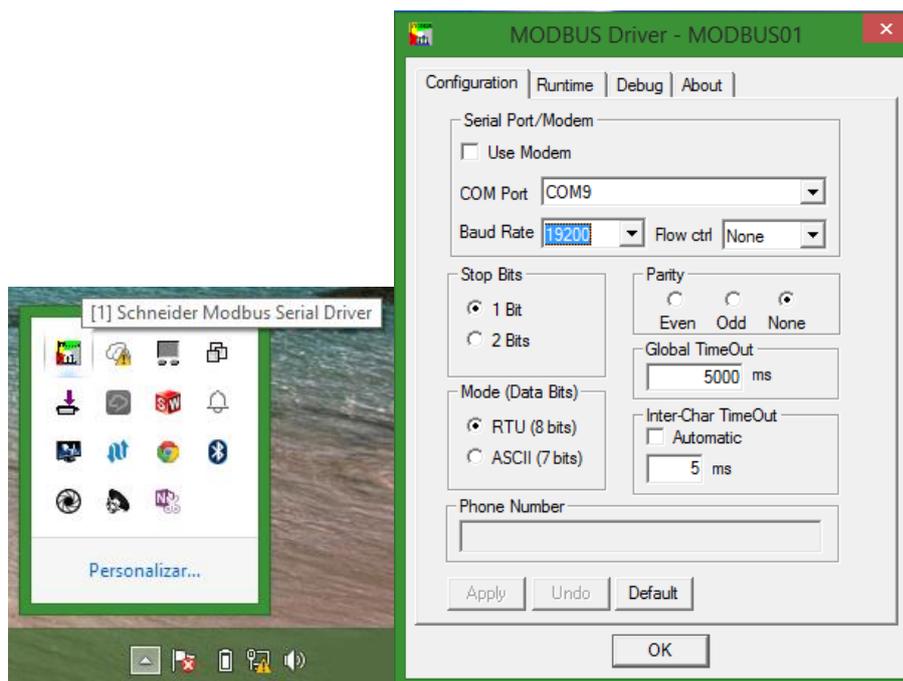
ACCESORIOS

- Cable de programación del PC al autómeta: serie TSX PCX1031.



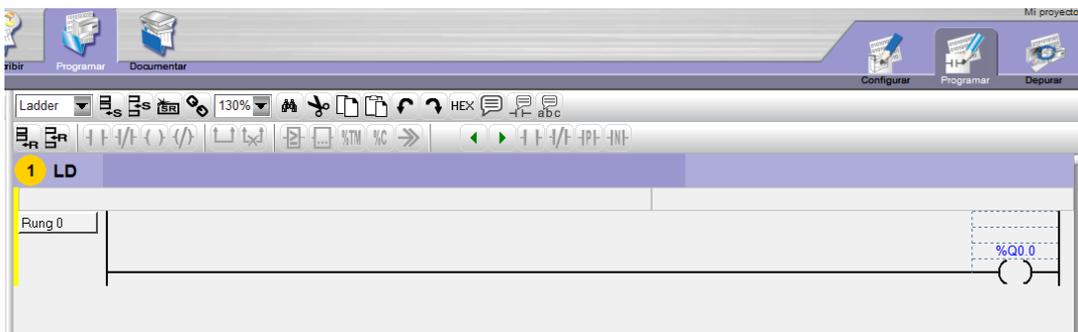
Para la configuración de comunicación Modbus OPC la primera vez la realizamos con el cable de programación TSX PCX1031.

Además debemos instalar el Modbus serial para configurar los parámetros de comunicación serial de la siguiente manera:



Ahora estamos listos para configurar en el twido suite.

- 1) Entramos a twido Suite **pantalla de inicio/modo programacion/crear nuevo/crear.**
- 2) Ahora devemos elegir al automata con el que vamos a trabajar durante la progracion vamos a: **menu/describir.**
- 3) Borramos si el automata no es el que necesitamos y escojemos el necesitado del **catalogo/bases/compactos/TWDLCAE40DRF** y lo arrastramos a pantalla.
- 4) Vamos a **Menu Programar/programar** realizamos un pequeño programa.



- 5) Ahora vamos **depurar** y escojemos el puerto serial(COM) que nos asigne la maquina para enviar programa.

Tipo	Nombre	Modo de conexión	Dirección IP/Númer
Pc	COM4	Serie	COM4,Punit
Pc	COM1	Serie	COM1,Punit
Pc	COM2	Serie	COM2,Punit
Pc	tesis	Ethernet	192.168.10.30, Direc

CONFIGURACION ETHERNET.

Para realizar una configuración Ethernet seguimos el paso 3.

Y ahora hacemos esto. (Configurar la LAN necesaria para Ethernet en computador)

Dando doble clic sobre el Ethernet del autómata nos aparecerá, y vamos a poner la siguiente configuración.

Redes Ethernet.

Configuración dirección IP.

Desde un servidor Dirección IP: 192 . 168 . 10 . 30

Configurada Máscara de subred: 255 . 255 . 255 . 0

Dirección de la pasarela: 192 . 168 . 10 . 30

IP Marcada.

Especificar una dirección IP Marcada Especificar una dirección IP para la conexión marcada. 193 . 168 . 10 . 30

Tiempo de inactividad.

NOTA: El autómata detectará las conexiones TCP activas y pasivas y cerrará las que estén inactivas durante el tiempo aquí indicado. Si el tiempo de inactividad máximo se pone en 0, el autómata no lo detectará.

Introduzca el tiempo de inactividad de la conexión TCP. 10 min(s) Predeterminado

Dispositivos remotos.

Índice	Dirección IP esclava	Unit ID	Tiempo de espera de conexión (100ms)
1			
2			

Aceptar Cancelar

Continuamos con el paso 4 de la anterior configuración.

Nombre	Modo de conexión	Dirección IP/Número	Dirección	Caudal	Paridad	Bits de parada	Timeout	Timeout de la pausa
Mi conexión 1	Ethernet		Direc			5000	5	

Modem: SAMSUNG N Serie

Agregar Ethernet USB Eliminar Aplicar Cancelar

BLOQUES DE FUNCIONES

No hay salida en la línea 0. La instrucción de la columna 10, fila 0 debe contener

NA 5 DE 11 1593 PALABRAS TwidoSuite 2.31.04

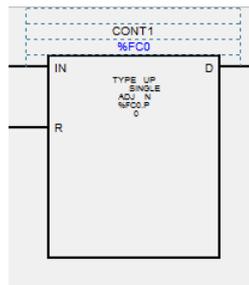
Pero creamos una configuración Ethernet con la LAN ya creada, luego transferimos el programa al autómata.

Este proceso se realiza debido a que primero debemos asignar una dirección al PLC para que este reconozca el puerto Ethernet.

BLOQUES DE FUNCIONES

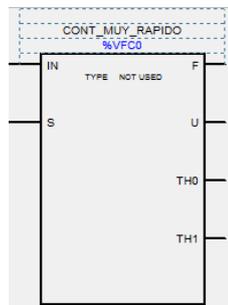
Todos los bloques de funciones se los halla en la parte superior y se los puede configurar dándoles doble click sobre si mismos.

- Contadores rápidos.



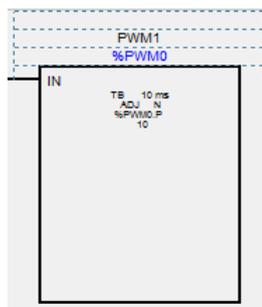
Símbolos de contadores rápidos.

- Contadores Muy rápidos.



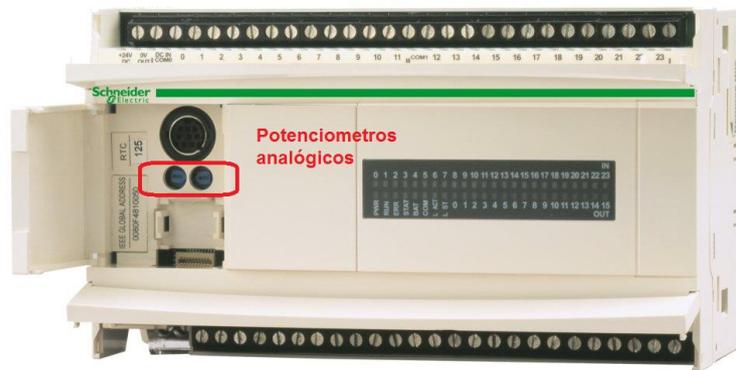
Símbolo de contador muy rápido.

- PWM/PLS



Símbolo de PWM/PLS.

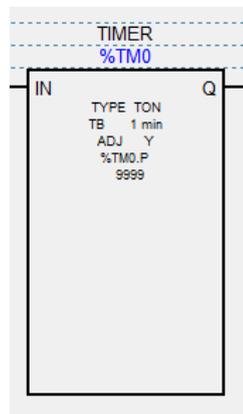
- Potenciómetros analógicos.



Timer.

Los timer pueden ser On Delay, Off Delay y ajustable por el usuario desde un HMI.

Para la configuración del timer que deseemos damos doble click sobre el timer nos abrirá una ventana de configuración.



Timer.

ADQUISICIÓN DE DATOS DESDE EL EXTERIOR.

De esta manera se puede adquirir datos desde el exterior para trabajarlos en el programa utilizando memorias word .



MEMORIAS WORD

Este tipo de memoria se las puede encontrar si seguimos los siguientes pasos.

En la pantalla de programación de Twido nos dirigimos a **configurar** en la parte derecha de la pantalla encontramos una lista nos dirigimos a **configurar datos/objetos simples/%MW**, en esta parte podemos designar todas la memorias Word que vamos a utilizar a lo largo del programa.

COMPARACION DE DATOS.

Mediante el grafico que a continuacion se presenta se realiza la compracion de datos dentro de twido.



Estas son las funciones más utilizadas en casi todos los programas.

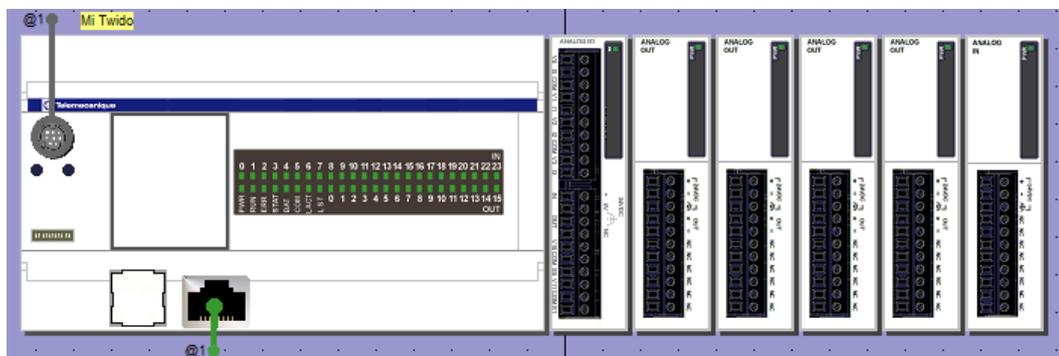
CONFIGURACION DE LOS MODULOS ANALOGOS

- 1) Nos dirigimos a **Describir** en la parte inicial del programa en la parte superior izquierda encontramos ventanas desplegadas nos dirigimos a **Módulos de Ampliación/Amplificaciones analógicas** ahí vamos a encontrar toda una lista de los actuales módulos que se puede encontrar en el mercado con una descripción rápida de lo que tiene cada uno de ellos en la parte inferior del mismo lado.

2) Escogemos los que se dimensionó en el estudio previo y los configuramos de la siguiente manera.

LISTA DE LOS MODULOS A UTILIZAR

TM2AMM6HT (módulo de 4 entradas 2 salidas)	1
TM2AMO1HT (módulo de 1 salida análoga)	4
TM2AMI2LT (módulo de 2 salidas de Termocupla)	1



Total de módulos.

Para configurar cada una de los módulos es necesario leer y entender cada uno de los manuales que vienen incorporados en cada una de las cajas ahí se detallas las configuración para que funciones tanto en voltaje come en corriente.

ANEXO 7

**MANUAL USUARIO SISTEMA DE
CONTROL**

INTRODUCCIÓN.

En el siguiente manual se encuentra detallado el funcionamiento y la utilización de cada una de las pantallas programadas en el sistema de control, su funcionamiento, posibles errores y soluciones a los mismos, estas pantallas son las que gobiernan todo el diseño realizado, tiempos, velocidades y presiones.

Pantalla de Inicio

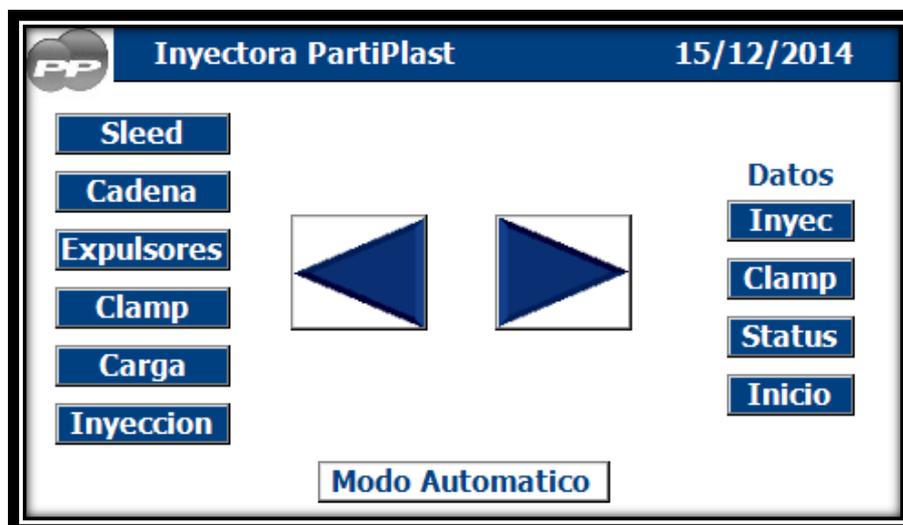
En esta pantalla tenemos la opción de escoger el **Modo** que nosotros necesitemos, existen 2 los cuales son **MANUAL** y **SEMIAUTOMÁTICO**, y escogeremos el molde que vamos a trabajar.



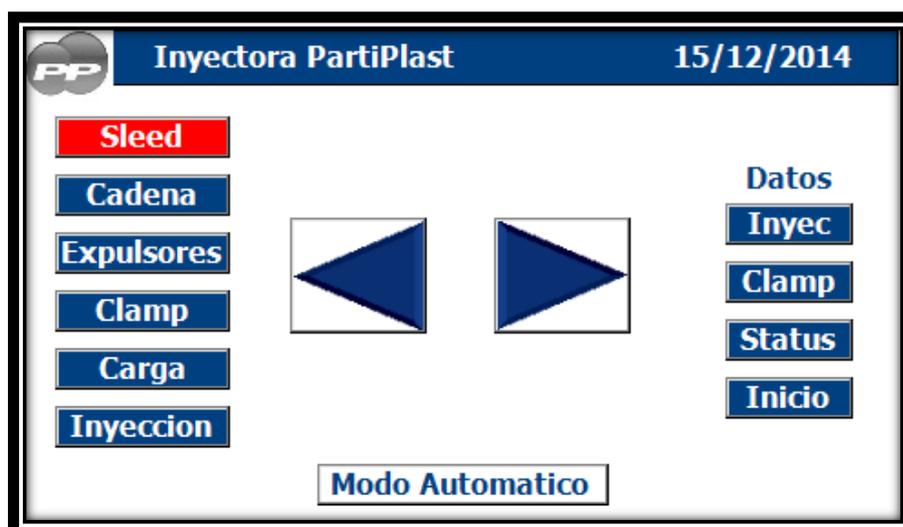
The screenshot shows a control interface for an 'Inyectora PartiPlast' machine. At the top left is the 'PP' logo. The top bar contains the text 'Inyectora PartiPlast' and the date '15/12/2014'. The main area is titled 'SELECCIONE' and contains two dropdown menus. The first is labeled 'Modo' and has 'MANUAL' selected. The second is labeled 'Molde' and has 'MOLDE #1' selected. At the bottom center is a blue button labeled 'Siguiete'.

Pantalla Inicial

Esta pantalla es el modo manual en ella se manipula todo los procesos de la máquina y por medio de los 2 botones actúa dependiendo del proceso que se haya escogido.



Dependiendo de la opción escogida en la izquierda el botón se resaltara en un color rojo y se desactivan los demás, para cambiar de opción se debe desactivar el botón y activar el que necesitamos.



En la parte izquierda de la pantalla anterior en la parte derecha se encuentra la opción de datos en los cuales podemos modificar diferentes aspectos de la máquina, como son inyección y clamp. En los cuales se puede manipular las presiones, velocidades y tiempos; los valores numéricos son limitados por valores del 0 al 100.

PP Inyectora PartiPlast 15/12/2014

Press Carga	45 ▲ ▼	SUCCION	4 ▲ ▼
Vel Carga	50 ▲ ▼	Valor Carga	45 ▲ ▼
Press Inyec	45 ▲ ▼	Limite Inyec	20 ▲ ▼
Tiempo de Enfriamiento		6 ▲ ▼	

Modo Manual

Inicio Inyec Clamp Status

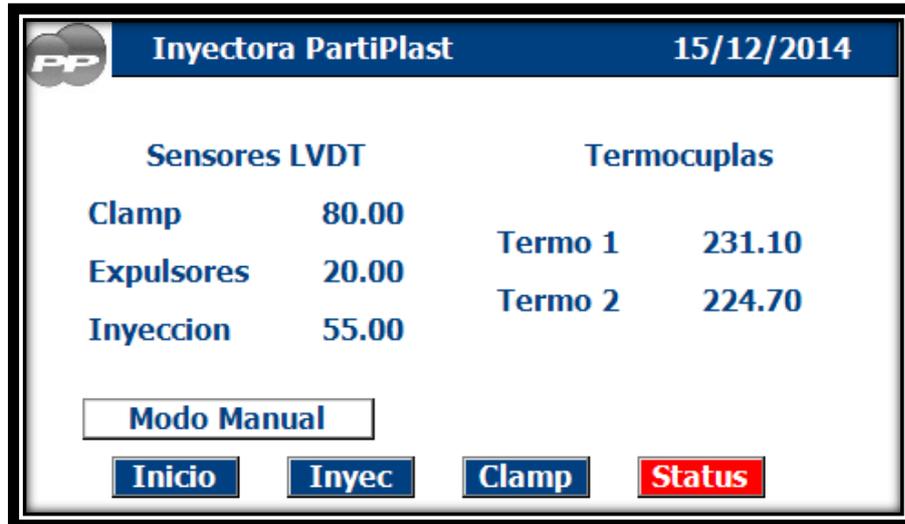
PP Inyectora PartiPlast 15/12/2014

Vel Expulsores	80 ▲ ▼	Pres Clamp 2	35 ▲ ▼
Presion Expul	20 ▲ ▼	Pres Mold Tou.	83 ▲ ▼
Vel Clamp 1	50 ▲ ▼	Full Open	65 ▲ ▼
Vel Clamp 2	30 ▲ ▼	Expulsores FW	80 ▲ ▼
Pres Clamp 1	45 ▲ ▼	Expulsores RE	40 ▲ ▼

Modo Manual

Inicio Inyec Clamp Status

La pantalla denominada STATUS es la encargada del monitoreo de los sensores LVT y las Termocuplas.



En el modo semi-automático existe 2 botones de Start y Stop del sistema además es necesario el encendido de la bomba el cual se lo hace por medio de un botón físico instalado, en esta pantalla existe un secuencia la cual nos va indicando que proceso está realizando la máquina y además un control de los valores de los sensores, cabe recalcar que para que este modo funcione debe estar cerrada las puertas de la máquina.

