

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

### **Implementación del Programa de Control para Máquinas de Inyección de Plásticos.**

**Autor: Marvin Pérez Jérez**

**Tutor: M.Sc. José Enrique García Arteaga**

**Santa Clara**

**2011**

**"Año 53 de la Revolución"**

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

### **Implementación del Programa de Control para Máquinas de Inyección de Plásticos.**

**Autor: Marvin Pérez Jérez**

[mpjerez@uclv.edu.cu](mailto:mpjerez@uclv.edu.cu)

**Tutor: M.Sc. José Enrique García Arteaga**

[arteaga@uclv.edu.cu](mailto:arteaga@uclv.edu.cu)

**Santa Clara**

**2011**

**"Año 53 de la Revolución"**



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del Autor

---

Firma del Jefe de Departamento  
donde se defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica

## PENSAMIENTO

*“En la medida en que nuestro trabajo produzca  
resultados, se marcarán nuestras recompensas”*

(Miguel Ángel Cornejo)

## DEDICATORIA

*A mi padre (Marvin Pérez) en primer lugar, por todo su apoyo, especialmente en estos 5 años de mi vida, por compartir mis alegrías y llorar mis dolores en los momentos de desesperación, a ti te dedico especialmente este trabajo diploma con todo el amor del mundo.*

*A mi niña de un mes y veinte días de nacida Leidy Diana y a mi esposa Mailin Rojas Gamez.*

*A mis madres (Estrella y May Rysel).*

*A mis hermanos Daniel y Misleydi.*

*A todos mis compañeros de aula y de cuarto.*

## AGRADECIMIENTOS

*-A Dios.*

*-En especial a mis padres por su apoyo, entrega y el aliento que me han dado cuando más lo he necesitado.*

*-A todos mis familiares que siempre han estado pendiente de mí y me han brindado de una forma u otra su apoyo.*

*-A todos mis compañeros de carrera a los cuales debo el estar aquí hoy, gracias por la paciencia que han tenido conmigo y toda su ayuda desinteresada.*

*-Muy especial a mis hermanos de cuarto.*

*-A mi tutor José Enrique García Arteaga (Cheo) por toda su preocupación y dedicación.*

*-A todos aquellos profesores, que de una forma u otra han contribuido en mi formación como profesional.*

*-A todo aquel que de una manera u otra me han ayudado durante la realización de este trabajo diploma.*

## **RESUMEN**

La empresa procesadora de plásticos “La Campana” ubicada en la provincia de Villa Clara, ha presentado problemas a causa de los años de explotación, con el sistema de control de una de sus máquinas de inyección, la cual se encuentra inutilizada. Para la reparación, la empresa dispone de PLCs (MASTER-K120s). Este trabajo tiene como objetivo principal diseñar el programa de control para PLCs de estas series, haciendo uso del software KGL\_Win. Para la implementación del código del programa se ha hecho un estudio de las partes de la máquina, los modos de funcionamiento y algunos parámetros de interés obtenidos de las búsquedas hechas en diferentes bibliografías. Como resultado final se muestra el diagrama de flujo del programa, esperando sirva de base para la automatización de máquinas de extrusión por inyección similares.

## TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	iv
TABLA DE CONTENIDOS .....	v
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE EXTRUSIÓN, (MÁQUINAS DE INYECCIÓN). 4	
INTRODUCCIÓN .....	4
1.1    PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS PARA LA EXTRUSIÓN. ....	4
1.1.1    TERMOPLÁSTICOS: .....	5
1.1.2    COMPOSICIÓN DE LOS TERMOPLÁSTICOS.....	5
1.1.3    DEFINICIÓN DE MONÓMERO: .....	6
1.1.4    PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LOS POLÍMEROS. ....	6
1.1.5    TERMOPLÁSTICOS CRISTALINOS: .....	6
1.1.6    TERMOPLÁSTICOS AMORFOS:.....	7
1.2    TIPOS DE MOLDEADO DE PLÁSTICOS:.....	8
1.2.1    MOLDEADO DE COMPRESIÓN. ....	8
1.2.2    MOLDEADO POR INYECCIÓN:.....	8
1.2.3    MOLDEADO POR EXTENSIÓN: .....	9
1.2.4    MOLDEADO POR TERMO-FORMAS:.....	9
1.3    EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA EXTRUSIÓN. ....	9
1.4    DEFECTOS GENERADOS EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	10

1.4.1	DEFECTO DE PLASTIFICACIÓN.....	11
1.4.2	PROBLEMAS DE MEZCLADO Y CONTAMINACIÓN.....	12
1.4.3	DEFECTOS GENERADOS POR DESGASTES: .....	12
1.5	MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS .....	12
1.5.1	CONCEPTO DE MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS.....	13
1.6	EL MANDO.....	13
1.6.1	MANDO AUTOMÁTICO .....	13
1.6.2	MANDO SEMIAUTOMÁTICO.....	13
1.6.3	MANDO MANUAL.....	14
1.7	PARTES PRINCIPALES DE UNA INYECCTORA DE PLÁSTICOS.....	14
1.7.1	UNIDAD DE INYECCIÓN .....	15
1.7.2	UNIDAD DE CIERRE .....	15
1.7.3	UNIDAD DE CONTROL .....	16
1.7.4	UNIDAD DE POTENCIA.....	16
1.8	RESUMEN DEL CAPÍTULO .....	16
CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL PARA MÁQUINA DE INYECCIÓN.		17
INTRODUCCIÓN .....		17
2.1	CONCIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL .....	17
2.2	VARIABLES ASOCIADAS AL SISTEMA .....	19
2.3	PROTECCIÓN Y SEGURIDAD.....	21
2.4	ACCIONES REALIZADAS POR EL PROGRAMA DE CONTROL.....	22
2.4	SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN .....	22
2.5.1	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN (ESCALERA).....	23

2.5.2	SÍMBOLOS GRÁFICOS EMPLEADOS EN EL LENGUAJE DE ESCALERA.....	24
2.6	PROGRAMA DE CONTROL.....	24
2.6.1	PROGRAMA PRINCIPAL.....	24
2.6.2	SUBROUTINAS DEL PROGRAMA DE CONTROL.....	25
2.6.3	SUBROUTINA DE CIERRE DEMOLDE.....	25
2.6.4	SUBROUTINA UNIDAD DE INYECCIÓN ADELANTE.....	26
2.6.5	CARGA DE MATERIAL.....	26
2.6.6	SUBROUTINA UNIDAD DE INYECCIÓN ATRÁS.....	27
2.6.7	APERTURA DE MOLDE.....	27
2.6.8	SUBROUTINA DE AVISO.....	27
2.7	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	28
CAPÍTULO 3. USO DE MEMORIAS Y CONFIGURACIÓN DEL CANAL DE COMUNICACIÓN ENTRE PLCs.....		29
INTRODUCCIÓN.....		29
3.1	DIRECCIONAMIENTO DE LAS SEÑALES DE E/S EN LOS PLCs (2 y 3) PARA LA CONFIGURACIÓN MÁSTER / ESCLAVO.....	29
3.1.1	DIRECCIONAMIENTO DE LAS SEÑALES ANALÓGICAS.....	31
3.2	CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA COMUNICACIÓN CON EL PLC MÁSTER.....	31
3.3	DISPOSICIÓN DE MEMORIAS PARA LECTURAS/ ESCRITURAS.....	32
3.3.1	EN EL BLOQUE DE CIERRE DE MOLDE.....	32
3.3.2	AVANCE DE BOQUILLA.....	33
3.3.3	INYECCIÓN.....	33
3.3.4	BLOQUE DE APERTURA DE MOLDE.....	34

3.3.5 PPOSICIONES DE MEMORIAS PARA LECTURA / ESCRITURA DE LOS TEMPORIZADORES .....	34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	35
Conclusiones .....	35
Recomendaciones .....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
ANEXOS .....	39
Anexo I Controlador lógico programable .....	39
Anexo II Panel XGT .....	40
Anexo III Diagrama de flujo del programa. ....	41
Anexo IV Configuración del canal de Comunicación. ....	48

## INTRODUCCIÓN

Hace algunos años, eran muy comunes los envases de vidrios y maderas para las transportaciones de mercancías y vinos, entre otros. Para ese entonces, el uso de los envases plásticos no formaba parte de los hábitos de la sociedad. Con la evolución de los plásticos, estas costumbres fueron cambiando por las ventajas que imponía el nuevo producto, los mismos no requerían devolución, simplemente se podían echar en cestos de basuras.

Estudios realizados demuestran que estos productos han invadido el planeta ya que la quema y descomposición de los mismos es altamente dañina para el medioambiente. Estos embaces tardan cientos de años en descomponerse y su incineración libera a la atmósfera sustancias cancerígenas llamadas dioxinas.

Muchos de estos desechos, van a parar a los mares provocando la muerte de innumerables especies de animales, que tienen como dietas principales algunos tipos de medusas y confunden el nailon con estas, lo que les provoca la muerte. A consecuencia de todo esto se realizan estudios que permitan la recuperación de estos desechos, con el fin de reciclarlos y volverlos a utilizar.

Hoy en día, la industria de inyección de plásticos a nivel mundial ha avanzado a una gran velocidad junto con el desarrollo de la tecnología, por lo que los dueños de empresas se ven obligados a actualizar constantemente sus máquinas, para poder estar en la competencia del mercado, cada vez más estricto en cuanto a calidad, economía, ofertas y demandas.

Como es del conocimiento, Cuba es un país bloqueado, lo que dificulta el mercado con otros países, a pesar de la buena disposición de los mismos, en contraer relaciones económicas y de comercio. Las restricciones implantadas por los Estados Unidos al país, impiden el ingreso de piezas, alimento, bienes materiales, medicinas y tecnologías, lo que provoca entre otras cosas el envejecimiento de las maquinarias, entre las que se encuentran las máquinas procesadoras de plásticos.

En la industria de bienes plásticos “La Campana” ubicada en la provincia de Villa Clara, se tiene una máquina de inyección de plásticos o máquina extrusora a la que se le quiere implementar un nuevo sistema de control.

El sistema de control implementado en esta máquina estaba dado por medio del empleo de tarjetas, lo que limitaba su actividad a una sola línea de producción y dificultaba la reparación de la misma ante desperfectos técnicos, ya que el acceso a piezas de repuesto era engorroso, solo se podían encontrar en almacenes de diferentes fabricas dedicadas a la extrusión de plásticos y muchas veces ya no existían o habían sido remplazadas por tecnologías más avanzadas. Lo mismo pasaba al intentar con otros países, lo que resultaba muy costoso sin mencionar cuantas pérdidas de tiempo y recursos incurrían en el proceso.

**Objetivo principal:**

Realizar el sistema de control de una máquina de inyección de plásticos mediante la programación de PLCs.

**Para lograr lo anteriormente expuesto se plantean los siguientes objetivos específicos.**

- Realizar estudio de los termoplásticos.
- Realizar un estudio de los equipos utilizados para la extrusión de plásticos (máquinas inyectoras de plástico).
- Estudiar los diferentes modos de funcionamiento de máquinas de inyección.
- Implementar el programa de control con el Software KGL\_Win.

**Organización del informe.**

El presente informe está conformado por tres capítulos. En el **primer capítulo** se analizan las máquinas extrusoras, partes que las conforman y principales defectos generados en el proceso de extrusión de plásticos. En el **segundo capítulo** se comienza con las consideraciones generales para el diseño del sistema de control, características del Software KGL\_Win y diagrama de flujo del programa implementado. En el **tercer capítulo** se hace referencia a las posiciones de memorias empleadas para direccionamiento de los puertos de E/S en los PLCs esclavos y modo de configuración del (Master - Esclavo).

## **CAPÍTULO 1. ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE EXTRUSIÓN, (MÁQUINAS DE INYECCIÓN).**

### **INTRODUCCIÓN**

El procesamiento de los termoplásticos es un proceso físico reversible, en el que la materia prima (termoplástico), se funde por el efecto del calor y esta se hace fluir por dentro de las cavidades huecas de un molde a determinados valores de presión, velocidad y temperatura. Luego de transcurrido un tiempo el material comienza a cambiar sus propiedades físicas, disminuyendo su temperatura, haciendo que el mismo se solidifique. Al finalizar, el resultado es una pieza con las formas y dimensiones de las partes huecas del molde.

Los productos obtenidos están determinados por el tipo de molde empleados, los valores de presión, temperatura del material, composiciones de las materias primas y las formas en que se lleve a cabo el proceso, estos parámetros son de vital importancia cuando se desean obtener un producto final de alta calidad, por lo que en este capítulo se tratan datos del proceso y la máquina que pueden generar algunas de estas anomalías, con lo que se pretende alcanzar una mejor comprensión del proceso de extrusión, que permita un diseño mejorado del sistema de control.

### **1.1 PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS PARA LA EXTRUSIÓN.**

Son muy diversas las materias primas empleadas en la actualidad para la extrusión, por lo que en el presente trabajo solo se harán referencias a los

termoplásticos, con lo que se pretende alcanzar una mejor comprensión del proceso de extrusión.

### **1.1.1 TERMOPLÁSTICOS:**

Los termoplásticos tienen gran importancia dentro de la familia de los polímeros. Sus características moldeables se logran mediante los efectos de las temperaturas, lo que le permite adoptar diferentes formas (proceso reversible). Para reblandecer los termoplásticos es necesaria una temperatura que va desde los 180 a 330 ° , en dependencia de la composición y el grado de viscosidad.

### **1.1.2 COMPOSICIÓN DE LOS TERMOPLÁSTICOS.**

Ya que su elemento fundamental es el carbono, los termoplásticos son considerados compuestos orgánicos. Se logran transformando químicamente sustancias, inferiores en tamaño, que poseen otras características. Están formados por macromoléculas, que no son más que moléculas de gran longitud. Existen otras sustancias con macromoléculas similares, como por ejemplo: celulosa, el caucho natural y la seda entre otros.

Para una mejor comprensión de la composición de los plásticos empezaremos por tomar un trozo de pieza fabricado del termoplástico llamado Polipropileno (PP).

Haciendo una ampliación de esta zona se pueden observar como si fueran hilos, que poseen aproximadamente la misma longitud, formando una especie de ovillo, en su mayoría desordenados. Estos hilos se llaman macromoléculas y están formadas por pequeñas unidades que se repiten, estas reciben el nombre de monómeros. Los monómeros son los que le confieren la mayor parte de las características al plástico, de aquí que sea la parte más importante (Trujillo León 2011 ).

### **1.1.3 DEFINICIÓN DE MONÓMERO:**

Los monómeros se pueden definir como una molécula de tamaño relativamente pequeño, con la propiedad de unirse entre sí o a otras, formando nuevas moléculas de dimensiones relativamente grandes, llamadas polímeros.

Por definición, una sustancia se puede considerar polímero, cuando las repeticiones de la unidad básica (monómeros) están por encima de los 30 a 50 veces.

### **1.1.4 PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LOS POLÍMEROS.**

Los procesos químicos para la obtención de los polímeros recibe el nombre de:

- Polimerización
- Poli-adición
- Poli-condensación

En función de los monómeros empleados y las características del proceso de reacción, se pueden encontrar distintas variedades de plásticos. Mirando las macromoléculas, su forma, disposición y la unión de unas con otras (Chain 2007; Loor 2010), se pueden realizar agrupaciones de plásticos con propiedades similares como:

- Termoestables, (5% de la fabricación de plásticos y mezclados con resinas epoxi)
- Termoplásticos (cristalinos y amorfos)
- Elastómeros o gomas.

### **1.1.5 TERMOPLÁSTICOS CRISTALINOS:**

En este proceso, al enfriarse, sus cadenas tienden a enlazarse ordenadamente, por lo que se produce un empaquetamiento muy ordenado. Este empaquetamiento ordenado es a lo que se le denomina cristalización y es comparable con lo que pasa con los minerales (cuarzo y el diamante), en los que

sus moléculas tienen un ordenamiento muy alto, es decir, alta cristalización, ofreciendo formas muy definidas en su aspecto externo (Loor, 2010). Ver Fig. 1.1 (a).

### 1.1.6 TERMOPLÁSTICOS AMORFOS:

Este proceso es lo contrario de los cristalinos. Las cadenas no mantienen ningún orden aparente durante su enfriamiento. El empaquetamiento es mucho menor que en los cristalinos. (Ver tabla 1.1).

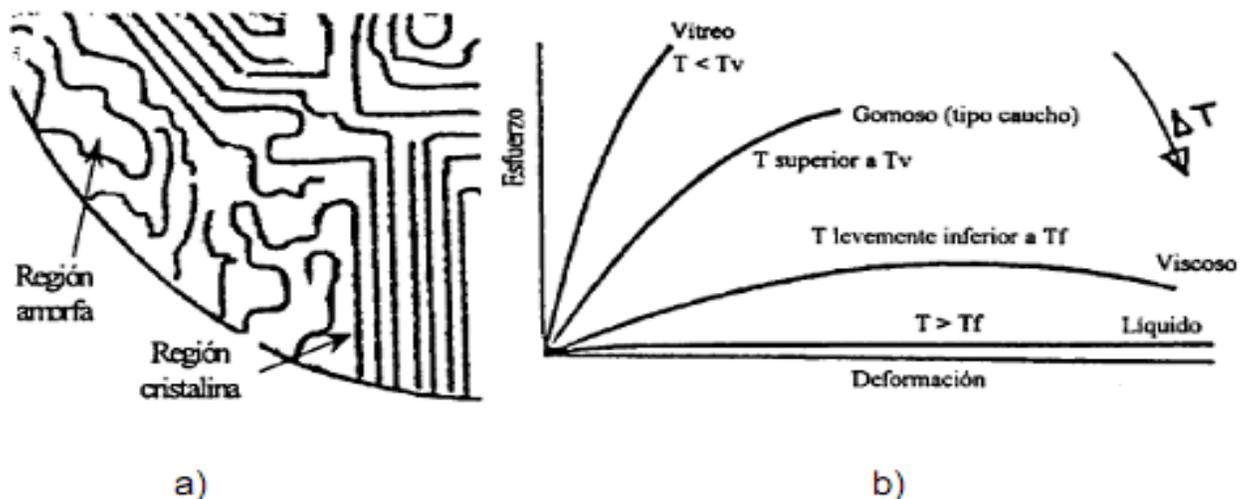


Fig-1.1 a) Se muestra la diferencia entre una región formada por un termoplástico amorfo y un termoplástico cristalino. b) Etapa de deformación del polímero conforme se incrementa la temperatura aplicada.

#### Donde:

$T_v$ -temperatura de transición vítrea.

$T_f$ -temperatura de fusión.

$T$ -temperatura aplicada al polímero

AMORFOS	CRISTALINOS
Normalmente transparentes	Opacos
Resistencia mecánica media	Resistencia mecánica alta
Poca resistencia a la fatiga	
Temperatura de fusión definida	Intervalo de fusión muy definido y estrecho (3-4°C)
Bajas contracciones de moldeo	Altas contracciones de moldeo

Tabla 1.1-Principales características de los termoplásticos amorfos y cristalinos.

## 1.2 TIPOS DE MOLDEADO DE PLÁSTICOS:

Para el moldeo de plásticos existen varias formas, estas se pueden dividir como viene a continuación:

- Moldeo de compresión.
- Moldeo por inyección.
- Moldeo por extensión.
- Moldeo por termo-formas.

### 1.2.1 MOLDEADO DE COMPRESIÓN.

El método de moldeo de compresión consiste en el llenado del molde abierto, con una gran cantidad de material, luego se cierra a presión, lo que hace fluir el material por dentro de las cavidades del molde. La presión de cierre del molde depende de la complejidad de las cavidades y las propiedades del material empleado. El molde permanecerá cerrado durante el tiempo de enfriamiento, una vez culminado este tiempo se abre el molde y se retira la pieza, quedando la máquina lista para un nuevo ciclo (Navarro Vidal 2008)

### 1.2.2 MOLDEADO POR INYECCIÓN:

El método de moldeo por inyección es el proceso más práctico y empleado a nivel mundial. El principio de operación de la máquina es muy sencillo, no siendo así con su grado de complejidad, el cual aumenta (Ravi 2010). Este proceso consiste en elevar la temperatura del material que se encuentra almacenado,

luego se fuerza hasta las cavidades del molde y transcurrido el tiempo de enfriamiento, se procede a abrir el molde extrayendo la pieza obtenida. Esto es un ciclo que se repite reiteradamente.

Las máquinas de inyección representan cerca de un 60% de las máquinas de transformación de plásticos empleadas a nivel mundial.

### **1.2.3 MOLDEADO POR EXTENSIÓN:**

Este método, consiste en estirar el plástico fundido. Tiene aplicación es en la producción continua de largos filamentos, etc.

### **1.2.4 MOLDEADO POR TERMO-FORMAS:**

El moldeado por termo-formas consiste en elevar la temperatura de una hoja de plástico; la forma de la pieza queda definida por el molde y por diferentes presiones de aire, así como interacciones mecánicas.

## **1.3 EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA EXTRUSIÓN.**

Actualmente, en el mundo existen muchos tipos de máquinas extrusoras con mayores o menores diferencias entre sí, debido a sus variados diseños, los cuales dependen de las características: mecánicas, físicas, de homogeneidad y acabados que se quieran alcanzar en el producto final (VALDIVIESO TORRES 2011). En consideración de estos requisitos las extrusoras pueden ser clasificadas como:

- Continuas de tornillo simple (de una y multi-etapa)
- Continua de multi-tornillos (tornillos doble)
- Continuas de discos o tambor, que usa la resistencia viscosa para su fusión (disco, tambor) o fusión elástica (sin tornillo)

- Discontinuas que usan ejes de alimentación manual (termoplásticos, termo-fijos, plásticos reforzados, gomas y elastómeros de muy baja viscosidad) y de procedimientos cíclicos (moldeo por inyección).

De las extrusoras mencionadas anteriormente, las más ampliamente usadas son las de tornillo simple y de tornillo doble (SUESCUM TREJOS 2007 ). En su mayoría estas extrusoras tienen una zona de plastificación (tornillo/barril) en posición horizontal, con el objetivo de alcanzar ciertos requerimientos de producción y costos, Ver Fig. 1.2 (a). Pocas veces se encuentran máquinas extrusoras con zonas de plastificación posicionado verticalmente Ver Fig. 1.2 (b).



a)



b)

Fig-1.2 a)-Extrusora de tornillo doble horizontal. b) Extrusora vertical.

#### 1.4 DEFECTOS GENERADOS EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN

La extrusión de productos plásticos requieren de diversas especificaciones, muchas veces las aplicaciones del producto no precisan de grandes restricciones, por lo que se aceptan con defectos tales como: agujeros, manchas, superficies rugosas debido a acabado del molde, etc.

No es así cuando se trata de elementos que requieren de buena calidad, donde entran a jugar factores como el buen acabado superficial, dimensiones y medidas exactas, buenas propiedades químicas, físicas, y mecánicas, etc.

La mayoría de los defectos presentados en los procesos de extrusión están asociados a la viscosidad, esto se debe a que mucho de los métodos de moldeado como pudimos ver, implican el flujo de plásticos fundidos a través de los dados o pequeños canales, entre otros. La viscosidad, en estos casos se ve afectada por los parámetros de velocidad de corte y temperatura (Navarro Vidal 2009).

La viscosidad del plástico varía inversamente con su temperatura. Cuando la viscosidad decrece, provoca aumentos de esfuerzo y cualquier concentración del esfuerzo provocará fallas catastróficas del plástico.

Desafortunadamente los defectos indeseables en el flujo de plásticos fundidos aparecen durante la extrusión, un ejemplo es la fractura de fusión que se produce cuando el flujo de cualquier material fundido atraviesa un dado estando en una condición inestable de flujo. En vez de un flujo laminar constante dentro y fuera del dado, el flujo se distorsiona y esto se presenta en el material como una superficie rugosa (Hongying, 2011).

A continuación se describirán algunos de los principales defectos generados en el proceso de extrusión.

#### **1.4.1 DEFECTO DE PLASTIFICACIÓN.**

Tales defectos tienen lugar en la zona de plastificación y aunque la temperatura influye, depende en mayor medida de la velocidad de extrusión.

Ocurren cuando el material no se ha fundido eficientemente, provocando la fractura del producto fundido, así como la degradación del material que se manifiesta con aparición de puntos negros y agujeros, presentándose humo en ocasiones (Leiva Chacón 2010; Hongying 2011).

### **1.4.2 PROBLEMAS DE MEZCLADO Y CONTAMINACIÓN**

Ocurre cuando no se posee un material homogéneo, compatible con todos sus componentes. En ocasiones causado por el desconocimiento, se abusa de la utilización de cargas de aditivos, pigmentos, re-granulados o reciclado (Mezzomo 2009). Los defectos son fácilmente detectables, ya que están relacionados con las funciones que deberían cumplir los aditivos, ejemplo de una consecuencia que puede provocar este defecto es la baja propiedades mecánicas obtenidas en el material extrudido (Liao 2009; Loo and 2010). En el caso de re-granulado o material reciclado frecuentemente provoca carbonización y fractura del plástico debido a la alta heterogeneidad molecular del plástico.

### **1.4.3 DEFECTOS GENERADOS POR DESGASTES:**

Aparecen a causa del constante uso de la máquina, por lo general el husillo y el barril son los que más sufren este problema, esto trae como consecuencias que a la hora de inyectar el material, la presión no sea constante, provocando que el material presente diferentes viscosidad por zonas, por lo que su velocidad de flujo no será uniforme y constante (Loo, 2010).

A parte de estos problemas existen otros como: defectos provocados por temperatura, flujo y algunos otros que no se han descrito anteriormente por no ser tan comunes.

## **1.5 MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS**

En este caso se tiene una máquina de inyección de plásticos, que es una de las más empleadas a nivel mundial debido a las innumerables ventajas que ofrecen, tales como: producciones en series, reducidos tiempos de fabricación de piezas, ahorro de material, buena calidad de acabado, homogeneidad, etc.

### **1.5.1 CONCEPTO DE MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS**

Una máquina de inyección de plásticos es un equipo diseñado con el objetivo de plastificar el material polimérico y bombearlo hacia un molde, llenando la cavidad hueca de este que posee la forma del producto final deseado.

Según las norma DIN-24450, una inyectora, es una máquina cuya tarea principal consiste en fabricación discontinua de piezas a partir de masas de moldeo de elevados pesos moleculares, con la ayuda de presiones elevadas.

## **1.6 EL MANDO**

Pertencen al mando los selectores, pulsadores y temporizadores situados sobre la propia máquina y en el armario de maniobra, también incluyen los mecanismos hidráulicos de regulación y distribución. El mando tiene tres modos de trabajo importantes: MANDO MANUAL Ó A PULSADORES, MANDO SEMIAUTOMÁTICO Y MANDO AUTOMÁTICO (Solé).

### **1.6.1 MANDO AUTOMÁTICO**

La máquina con mando automático, realiza movimientos rápidos y sin golpes sólo cuando los finales de carrera están convenientemente graduados.

El modo automático es el más empleado en las industrias, ya que sus funciones están diseñadas para obtener mayores producciones en plazos de tiempos relativamente cortos, brindar mayor seguridad, rápida detención de fallas y alta calidad en el producto final.

### **1.6.2 MANDO SEMIAUTOMÁTICO**

En mando semiautomático la máquina ejecuta la acción correspondiente al botón que se pulse y culmina cuando haya detectado automáticamente el final de la acción.

### **1.6.3 MANDO MANUAL**

La máquina en mando manual, ejecuta los movimientos mientras se tenga pulsado el botón de la tarea que se quiere realizar y se detiene cuando se cumpla la condición de fin del proceso o se interrumpa la pulsación.

Este modo es utilizado generalmente para la calibración de la máquina, ya que le permite al operador mover cada parte de la misma por independiente, a velocidades muy bajas, lo que evita que haya fuertes golpes al ajustar un cierre de molde o cierre de boquilla. Un ejemplo de esto se ve cuando se desea verificar en la posición que el molde debe quedar totalmente cerrado, este dato luego se le pasará a la máquina a través del Panel XGT, con lo que se evita que haya derrame de material por falta de ajuste del molde, cuando esta se encuentre trabajando en modo Automático.

## **1.7 PARTES PRINCIPALES DE UNA INYECCTORA DE PLÁSTICOS**

Las inyectoras de plásticos, poseen cuatro unidades principales, fácilmente identificables:

1. Unidad de inyección
2. Unidad de cierre
3. Unidad de control
4. Unidad de potencia

En la Fig. 1.3 se pueden ver las partes principales de una máquina de inyección de plásticos, estas pueden variar en dependencia de las prestaciones y el diseño, pero por lo general se pueden encontrar como aparece a continuación.

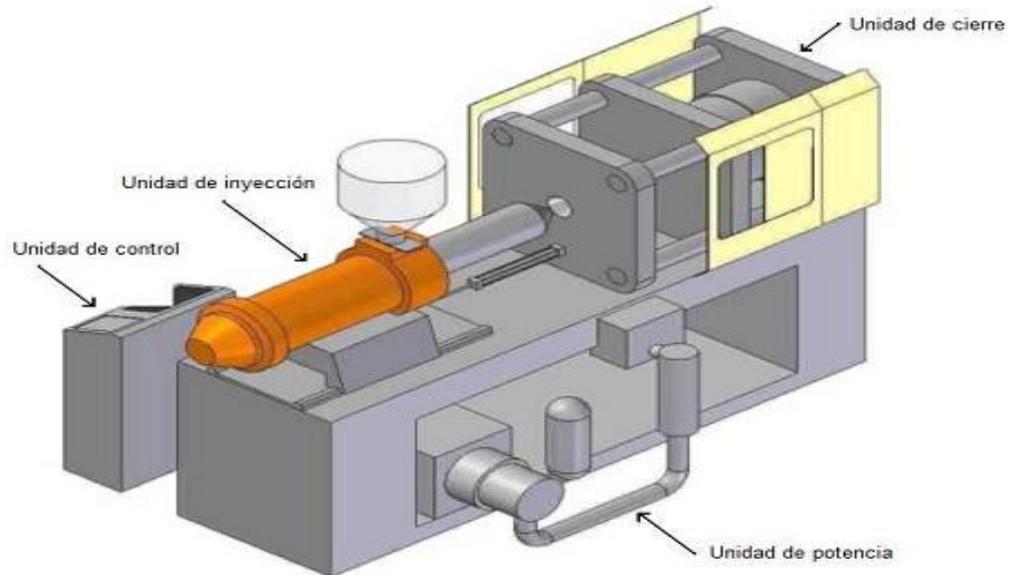


Fig-1.3 Unidades principales de una máquina de inyección.

### 1.7.1 UNIDAD DE INYECCIÓN

La unidad de inyección se encarga de, plastificar, fundir e inyectar la resina dentro de las cavidades del molde, cuando este se encuentra cerrado. Para realizar este proceso es necesario cumplir con una serie de parámetros de presión, temperatura y velocidad durante la inyección (Ravi 2010). Estos parámetros son los responsables en gran medida de muchos de los defectos generados en el proceso de extrusión.

### 1.7.2 UNIDAD DE CIERRE

La unidad de cierre está formada por una prensa, a la que se le adhieren las dos mitades del molde. Se encarga del cierre y sujetar fuertemente mientras se ejecuta la inyección, finalmente, procede a abrirse después del tiempo de enfriamiento del material, para la extracción de la pieza (Kondratiev, 2009). Es necesario lograr una buena calibración del ajuste de las dos mitades del molde, para que no se produzcan escape durante la inyección, lo cual puede influir en la calidad del producto final.

### **1.7.3 UNIDAD DE CONTROL**

Se encarga de la ejecución ordenada de cada proceso que realiza la máquina, entre los que se encuentran: cierre y apertura del molde, avance y retroceso de boquilla, inyección, sistemas de alarmas y protecciones, entre otros. Está compuesta por el equipamiento electrónico, eléctrico, neumático, hidráulico y mecánico necesario para el control del funcionamiento de la máquina(Reznicek 2010).

### **1.7.4 UNIDAD DE POTENCIA**

En esta se incluye la bomba de aceite, el motor principal y los relés de potencia para el accionamiento de estos.

## **1.8 RESUMEN DEL CAPÍTULO**

El desarrollo del capítulo contiene un breve estudio de los termoplásticos, como una de las materias primas fundamentales en el procesos de extrusión, se mostraron los tipos de moldeo más comunes, defectos generados durante la extrusión, las causa que lo originan y las máquinas utilizadas para el procesamiento de plásticos, trabajándose con mayor profundidad las máquinas de inyección como objetivo de este proyecto.

## **CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL PARA MÁQUINA DE INYECCIÓN.**

### **INTRODUCCIÓN**

Hace algunos años, las máquinas extrusoras operaban bajo el uso de grandes tarjetas llenas de circuitos integrados y compuertas lógicas, lo que dificultaba su reparación y detección de las causas que originaban las fallas.

En la actualidad, estos han sido remplazados por los PLC (Controlador Lógico Programable), los que poseen gran robustez en ambientes industriales, facilidades de programación y compactibilidad de comunicación con equipos de diferentes marcas (Yu 2009). Mediante su empleo se logra la detección rápida de fallas, simplificación del tamaño físico del sistema de control y facilidad de actualización del programa.

El control de la máquina ha sido realizado mediante un programa implementado en el Software (KGL\_WIN) y cargado en PLC (MASTER-K120s), Ver **Anexo1**, los que procesan la información recogida de los diferentes sensores distribuidos en las partes de la máquina para enviar las señales de control a las diferentes unidades (LS 2007).

**Nota:** Ver más datos del PLC en el catálogo de MaSter-K120s

### **2.1 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL**

Para el diseño del programa de control, se ha tenido en cuenta:

- Información brindada por el diseño anterior.

- Requerimientos del nuevo sistema a implementar.
- Instrumentación disponible.
- Cantidad de señales de entradas y salidas.
- Entradas y salidas disponibles para futuras ampliaciones en el sistema y cambio de línea de producción.
- Facilidad de manipulación y ajuste de variables involucradas.
- Alarmas representativas de valores fuera de parámetros.
- Interfaz hombre máquina.
- Cantidad de elementos a regular (motores, bombas hidráulicas y electroválvulas).
- Configuración del sistema eléctrico.

Teniendo en cuenta la necesidad de supervisar y cambiar datos del sistema se ha implementado un programa capaz de intercambiar información con el panel XGT Ver **Anexo 2**, mediante el cual se tiene acceso a parámetros del PLC, con el objetivo de supervisar y ajustar los mismos, tales como: velocidad, posición de cambio de velocidad del motor de la bomba hidráulica, fin de carrera y alarmas generadas por fallas en el sistema; con esta última se logra que el operador tenga una clara y rápida detención del problema para el manejo de la información (LS 2008; Kondratiev 2009 ).

**Nota:** Ver datos del Panel XGT en el catálogo XGTcat.PDF.



Fig-2.1 Sistema de control de la máquina.

## 2.2 VARIABLES ASOCIADAS AL SISTEMA

Para el control de la máquina el programa procesa 47 señales de entrada digitales, 24 señales de salida digitales y tres señales analógicas. En la tabla que se muestra a continuación se refleja cada una de ellas y la función que representa en el programa.

Tabla 2.1- Señales digitales.

<b><u>PLC #1</u></b>	
<b><u>Entradas:</u></b>	<b><u>Salidas:</u></b>
P00 – Abrir molde P01 – Cerrar molde P02 – Extracción atrás P03 – Extracción adelante P04 – Carro adelante P05 – Carro atrás P06 – Inyección P07 – Succión P08 – Plastificación P09 – Stop plastificación P0A – Auxiliar A adelante P0B – Auxiliar A atrás P0C – Auxiliar B adelante P0D – Auxiliar B atrás P0E – Lubricación P0F – Manual P10 –Automático P11 – Disponible	P40 – Abrir molde P41 – Cerrar molde P42 – Carro adelante P43 – Carro atrás P44 – Succión P45 – 2da presión P46 – 3ra presión P47 – Freno cierre de molde P48 – Seguro de molde P49 – Auxiliar A adelante P4A – Auxiliar A atrás P4B – Compensación hidráulica ¿Succión?

<b><u>PLC #2</u></b>	
<b><u>Entradas:</u></b>	<b><u>Salidas:</u></b>
P00 – Ajuste de molde + P01 – Ajuste de molde - P02 – Marcha Bomba P03 – Stop Bomba (Emergencia) P04 – Encender cámara P05 – Apagar cámara P06 – (disponible) P07 – (disponible) P08 – Micro insertar material P09 – Micro Cierre Baja Presión	P40 – Pilotaje cierre Re avance P41 – Velocidad rápida carga P42 – Extractor adelante P43 – Extractor atrás P44 – Pilotaje inyección extrude P45 – Encendido cámara P46 – Encendido bomba de

P0A – Micro freno de cierre de molde P0B – Micro cabezal adelante P0C – (disponible) P0D – (disponible) P0E – Succión (Micro) P0F – Cabeza atrás (Micro) P10 – Reja abierta P11 – Reja abierta	lubricación P47 – P48 – Salida Ajuste Cierre (+) P49 – Salida Ajuste Cierre (-) P4A – Motor alimentado P4B – 1ra Velocidad +- inyección Usillo
---	---

## PLC #3

<p><u>Entradas:</u></p> <p>P00 – Micro (libre) reserva          P01 – Micro extractor adelante          P02 – Micro extractor atrás          P03 – Micro plastificación carga(disponible)          P04 – Micro presos tato lubricación          P05 – Micro alarma de temperatura (viene del control de temperatura)          P06 – Micro Censor de temperatura de aceite          P07 – Micro Censor alimentador          P08 – Micro Censor alimentador Husillo          P09 – Micro Confirmación marcha bomba          P0A – Micro Nivel de aceite hidráulico(Genera alarma y detiene la bomba)          P0B – Micro Nivel de aceite de lubricación(Genera alarma y detiene la bomba)          P0C – Micro Ajuste cierre de adelante          P0D – Micro ajuste cierre de atrás          P0E – Restear (pulsado)          P0F – (disponible)          P10 – (disponible)</p>	<p><u>Salidas:</u></p> <p>P40 – Salida de inyección</p>
--	---

Tabla 2.2- Señales Analógicas:

<b>Entadas/Analógicas.</b>	<b>Salidas/Analógicas.</b>
<b>S1</b> -Posición del molde.	<b>S1</b> -Velocidad del motor
<b>S2</b> -Posición de boquilla	

### 2.3 PROTECCIÓN Y SEGURIDAD

El sistema de seguridad y protección de la máquina es de vital importancia. Esto garantiza la seguridad del operador y alarga el tiempo de vida útil del equipo. El programa realizado cumple con el marco legal de seguridad industrial y salud ocupacional (Ley #9)

Por la cual se dictan normas para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones.

Seguidamente se mencionan algunas de las protecciones de mayor importancia como son:

- ✓ Cubrir todos los elementos móviles que puedan generar accidentes.
- ✓ Instalación de protecciones que bloqueen las acciones de la máquina en caso de tener que acceder a sus partes móviles.
- ✓ Protecciones de bajo nivel de aceite para la lubricación o bajas presiones.
- ✓ Instalación de protecciones eléctricas, mecánicas u otras, en la reja de seguridad de modo que mantenga interrumpido el funcionamiento de la máquina hasta tanto esta no se encuentre totalmente cerrada.
- ✓ Habilitar un interruptor de emergencia, de tamaño considerable y color llamativo (Rojo) que interrumpa la energía general de la máquina en caso de emergencia.
- ✓ Proteger el sistema ante sobrecargas y cortocircuitos.

- ✓Garantizar que estén bien fijados los aterramientos, para casos de descargas.
- ✓Instalación de sistemas sonoros y luminosos para alarmas, así como cuadros de diálogos que orienten al operador sobre el tipo de falla.

Se deben proteger los lugares de mayores riesgos, por lo que se deben tener muy en cuenta zonas como: el mecanismo de cierre de molde, donde se desarrolla una gran fuerza, el sistema hidráulico, que posee una serie de mangueras de alta presión y pueden causar grandes daños en caso de rotura por sobre-presión y la reja de protección, la que se encarga de evitar que el operador caiga dentro del mecanismo accidentalmente o salgan piezas defectuosas a gran velocidad.

El cumplimiento de las medidas de protecciones es de carácter obligatorio y se debe velar por su estricto cumplimiento (Torres 2011).

#### **2.4 ACCIONES REALIZADAS POR EL PROGRAMA DE CONTROL**

El programa de control se encarga de hacer cumplir todas las fases de operación de la máquina, así como la generación de alarmas producidas por fallas de temperatura en la zona de calentamiento, paro por emergencia, reja de protección abierta, desmoldeo de emergencia por atascamiento de piezas entre las partes del molde, entre otras. El programa también se encarga de enviar los datos y estados de alarmas hacia el panel XGT, la regulación de presiones de aceites, velocidades entre otras.

#### **2.4 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN**

El software empleado para la programación de los PLCs Marter-K120s fue el KGL\_win.



Fig-2.2 Software (KGL\_Win), para la programación de PLCs MASTER-K 120S

El software programador KGL\_Win se conecta al PLC (Master-K120S) a través del protocolo de comunicación RS-232C y el diseño del programa se puede implementar mediante el lenguaje de (ESCALERA O LISTA DE INSTRUCCIONES.)

### 2.5.1 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN (ESCALERA)

En este caso se ha seleccionado el lenguaje de programación de escalera. Este es un lenguaje gráfico, a base de símbolos que simulan elementos de un circuito. Mediante su empleo se puede visualizar la simulación del paso de la corriente y el pasar de los tiempos programados en los temporizadores, así como la cantidad de elementos contados por los contadores, etc. Un ejemplo de esto se puede ver en la siguiente figura.

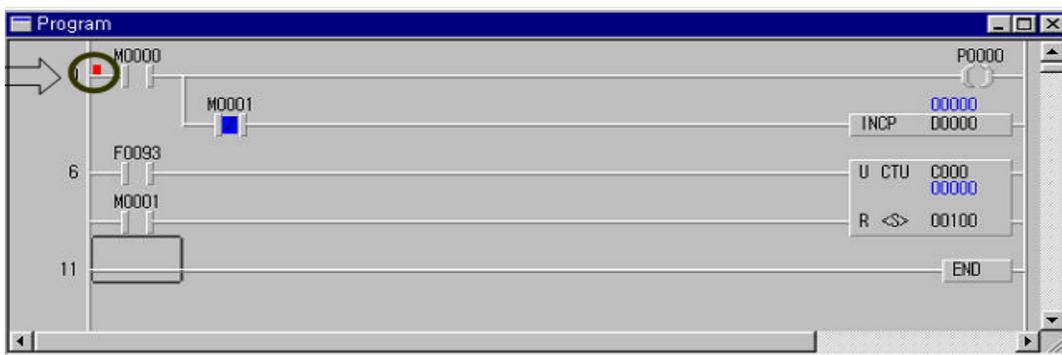


Fig-2.3 Visualización de un programa en ejecución.

## 2.5.2 SÍMBOLOS GRÁFICOS EMPLEADOS EN EL LENGUAJE DE ESCALERA



**Contactos**-Representa condiciones lógicas de entradas, similares a interruptores, botones, condiciones internas, etc.

Estos pueden ser normalmente abiertos como se ha mostrado anteriormente o normalmente cerrado como se ve a continuación 



**Bobinas**-Representa condiciones lógicas de salidas similares a lámparas, arrancadores de motor, relés interpuestos, condiciones internas de salidas, etc.



Representa operaciones adicionales tales como temporizadores, contadores y operaciones aritméticas.

## 2.6 PROGRAMA DE CONTROL

El programa de control está conformado por un programa principal y 6 subrutinas, los cuales se explican a continuación mediante la ayuda del diagrama de flujo en cada uno de los casos.

### 2.6.1 PROGRAMA PRINCIPAL

El programa principal se encarga de la selección del modo de trabajo de la máquina, las protecciones y la ejecución de las 6 subrutinas. La selección del modo de trabajo se realiza una vez que la máquina ha sido encendida, al pulsar el botón correspondiente a la opción de mando deseada. Recordar que todos los botones se encuentran ubicados en el panel de control, al frente de la máquina Ver Anexo III y Fig. 2.4.

### **2.6.2 SUBROUTINAS DEL PROGRAMA DE CONTROL**

Las subrutinas del programa de control se ejecutan en un orden lógico, mientras que no ocurran fallas que provoquen saltos. Cada una de las subrutinas al finalizar activa una bandera que habilita a la siguiente y deshabilita la que ya ha sido ejecutada. En caso del mando en modo manual, esto no resulta de esta forma en toda su totalidad, ya que algunas se realizan libres de condiciones.

### **2.6.3 SUBROUTINA DE CIERRE DEMOLDE**

Esta subrutina comienza con el análisis de la posición del molde, el cual debe encontrarse completamente retirado. En el cierre del molde intervienen tres velocidades, que dependen de la zona en que este se encuentre en ese instante. Recordar que en modo manual el movimiento se ejecuta a una sola velocidad y se detiene siempre que se deje de oprimir el botón de cierre de molde o se detecte el fin de carrera.

La posición del molde se controla mediante un potenciómetro que envía la señal analógica a través de uno de los módulos del PLC, comparando este valor constantemente con los valores prefijados en memoria.

Una vez que se confirma la condición de molde retirado, se activa el temporizador T000 (tiempo de molde abierto), que a su vez activa el cierre de molde al finalizar su conteo.

El cierre de molde inicia a velocidad media y alta presión, hasta que se detecta la primera posición de cambio de velocidad, con lo que entra en funcionamiento la velocidad rápida y la protección automática del molde. Esta protección a baja presión continúa mientras que no se detecta el final de carrera. Si durante este periodo de movimiento de cierre, el molde aprisiona alguna pieza defectuosa desmoldeo el mismo se abrirá, se encenderá la alarma de seguro de molde y la máquina permanecerá inmóvil hasta que se retire el obstáculo y se pulse nuevamente el botón de cierre.

Ahora bien si el molde se cierra sin novedad, la presión alta actuará de nuevo al detectarse la zona de cambio de velocidad y acabara de cerrarse a muy baja velocidad para evitar deformaciones de sus partes por golpes. Ver (Anexo III Fig-2.5).

El molde debe quedar bloqueado al finalizar el movimiento de cierre, cuando el comparador detecta el final de carrera, el cual desconecta el distribuidor de cierre.

#### **2.6.4 SUBROUTINA UNIDAD DE INYECCIÓN ADELANTE**

El interruptor fin de carrera también conecta el temporizador de inyección. En los segundos contabilizados por este, están comprendidos los tiempos de avance de boquilla e inyección.

El movimiento de avance de boquilla empieza una vez que el molde está bloqueado. Este movimiento se realiza a una sola velocidad y concluye cuando el tope de avance de boquilla pisa el final de carrera, que a su vez principia la inyección.

La inyección se realiza bajo el mismo principio del cierre de molde; tres velocidades y un potenciómetro que envía una señal analógica, para indicar la posición del husillo al PLC, este valor se compara constantemente con el valor que encuentran en las posiciones de memorias. Mediante estas comparaciones se activan las diferentes velocidades del husillo y las presiones de inyección, (Anexo III Fig-2.6).

#### **2.6.5 CARGA DE MATERIAL**

Al concluir el tiempo de inyección, se inicia la carga de material para la próxima inyectada. La carga termina cuando el comparador detecta el fin de carga y está comprendida dentro del tiempo de inyección, que a su vez conecta el temporizador de retención de boquilla al concluir su conteo (Anexo III Fig-2.7).

### **2.6.6 SUBROUTINA UNIDAD DE INYECCIÓN ATRÁS**

El movimiento de unidad de inyección atrás se activa cuando el temporizador de retención de boquilla culmina su conteo. Al igual que en la subrutina de unidad de inyección adelante, este se realiza a una sola velocidad y finaliza cuando el tope acciona el interruptor, fin de carrera (Anexo III Fig-2.8).

### **2.6.7 APERTURA DE MOLDE**

El movimiento de apertura de molde se inicia al finalizar el tiempo de molde cerrado programado, el cual se conecta al finaliza el tiempo de retención de boquilla, este movimiento se realiza a una sola velocidad y culmina cuando el comparador detecta que el valor de la posición del molde, es igual que el valor de molde atrás prefijado. Cuando se detecta la señal de molde abierto se resetean todas las banderas utilizadas durante el programa y se activa el temporizador de molde abierto para el inicio de un nuevo ciclo, (Anexo III Fig-2.9).

### **2.6.8 SUBROUTINA DE AVISO**

La subrutina de aviso se encarga de chequear constantemente los parámetros de interés, que pudieran representar altos riesgos tanto para la máquina como el operador. En caso de comprobar la existencia de algún parámetros fuera de rango, se levanta una bandera que activa la alarma correspondiente y se ejecuta la instrucción asignada al error Ver (Anexo III Fig-2.10). Las alarmas generadas como se explicó anteriormente son visualizadas a través del panel XGT. Algunas protecciones por ejemplo, interrumpen el funcionamiento de la máquina hasta que sea resuelta la falla que generó la alarma, otras se desactivan automáticamente al dejar de persistir el error, este es el caso de las alarmas por temperatura.

## **2.7 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO**

El capítulo está centrado en su mayoría al programa implementado en KGL\_Win, por ser el objetivo específico del trabajo diploma. Muestra datos de interés para el desarrollo del programa de control de máquinas de inyección, estudio de las características del software de programación a utilizar y se referencian los diagramas de flujo del programa para una mejor comprensión.

## **CAPÍTULO 3. USO DE MEMORIAS Y CONFIGURACIÓN DEL CANAL DE COMUNICACIÓN ENTRE PLCs.**

### **INTRODUCCIÓN**

Como se explicó en el capítulo anterior, el diseño del sistema de control para esta máquina requiere del el procesamiento de un total de 74 señales en total. Los PLCs empleados en este proyecto solo poseen 18 puertos de Entradas y 12 de Salidas, por lo que se emplearon tres PLCs iguales, en configuración (master – esclavo).

En el capítulo se hace referencia a todo lo concerniente con la configuración de las comunicaciones entre los PLCs.

### **3.1 DIRECCIONAMIENTO DE LAS SEÑALES DE E/S EN LOS PLCs (2 y 3) PARA LA CONFIGURACIÓN MÁSTER / ESCLAVO**

Para poder procesar las señales referidas a los PLCs (2 y 3), ha sido necesario asignarles a los puertos de E/S posiciones de memorias pertenecientes al PLC 1 (Master), para este fin se ha asignado desde la posición de memoria M0000 a M005B, distribuida como se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Asignación de memorias, Puertos de entradas PLCs (2 y 3).

IN*	PLC (2)	PLC (3)
P00	M00	M30
P01	M01	M31
P02	M02	M32
P03	M03	M33

---

P04	M04	M34
P05	M05	M35
P06	M06	M36
P07	M07	M37
P08	M08	M38
P09	M09	M39
P0A	M0A	M3A
P0B	M0B	M3B
P0C	M0C	M3C
P0D	M0D	M3D
P0E	M0E	M3E
P0F	M0F	M3F
P10	M10	M40
P11	M11	M41

---

\* Identificación del # puertos de entrada de los PLCs

Tabla 3.1. Asignación de memorias, Puertos de salidas PLCs (2 y 3).

---

OUT^	PLC (2)	PLC (3)
P40	M20	M50
P41	M21	M51
P42	M22	M52
P43	M23	M53
P44	M24	M54
P45	M25	M55
P46	M26	M56
P47	M27	M57
P48	M28	M58
P49	M29	M59
P4A	M2A	M5A
P4B	M2B	M5B

---

^ Identificación del # de puerto de salida en los PLCs.

### 3.1.1 DIRECCIONAMIENTO DE LAS SEÑALES ANALÓGICAS

Las señales analógicas vienen asignadas por defecto, a las posiciones de memorias D4980 y D4981 para las señales de entradas y D4982 para la señal de salida.

### 3.2 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA COMUNICACIÓN CON EL PLC MÁSTER

Como se explicó anteriormente es necesario establecer un protocolo de comunicación entre los PLCs, que permitan el flujo de datos desde los esclavos hacia el master, en el cual se encuentra el programa de control. Los esclavos solo aportan los puertos de entradas y salidas para las señales necesarias, en ellos no hay líneas de códigos, por lo que no se procesa ninguna información(Wu 2009).

Para configurar los parámetros de la comunicación primeramente hay que ir a **(Parámetros)**, a la izquierda de la pantalla del software programador, seguidamente dado un clic en **(CmmCh1)**, señalada en color azul en el (Anexo IV Fig- 3.1), aparecen en la ventana las opciones para configurar los parámetros de la comunicación y la seleccionar el modo (Master o Esclavo), así como el protocolo de comunicación.

Una vez en esta ventana, se habilita la comunicación y el número de estación, lo demás parámetros se pueden dejar como vienen prefijados.

Para el (Protocolo y Modo), a la derecha de la ventana, seleccionar modo **master** en el protocolo **Dedicado**, ponemos este protocolo de muestra por ser el escogido para el desarrollo del proyecto (Anexo IV Fig-3.2).

Para agregar las posiciones de memorias seleccionadas se pulsa el botón **List**, el cual despliega una ventana **(Dedicated)**, para introducir la lista se puede hacer doble clic en el número mostrado dentro de la ventana, Ver (Anexo IV Fig-3.3), o marcar el número de lista y pulsar **Edit...** Finalmente se muestra la pestaña para agregar los datos, en ella se configura: número de estación, tamaño (en palabra),

acción a realizar (enviar o recibir), posición de memoria fuente y memoria destino. Ver (Anexo IV Fig-3.4)

Para el desarrollo de este trabajo, la lista ha sido implementada como se muestra en el (Anexo IV Fig-3.5).

Una vez realizada la configuración de la comunicación, se pueden transmitir y recibir todas las señales sin que existan pérdidas de datos. En el caso de los PLCs esclavos solo se configura el número de estación y el canal de comunicación, las demás opciones ya se encuentran prefijadas.

### **3.3 DISPOSICIÓN DE MEMORIAS PARA LECTURAS/ ESCRITURAS**

Con el objetivo de poder cambiar la línea de producción, se ha dispuesto de una serie de posiciones de memorias que contienen datos para el ajuste de los procesos. Las direcciones de estas memorias están configuradas para tener acceso desde el Panel XGT, mediante el cual se pueden visualizar los datos contenidos en ellas y cambiarles en caso de ser necesario. A continuación se muestran las posiciones de memorias seleccionadas para lectura escritura a través del panel XGT.

#### **3.3.1 EN EL BLOQUE DE CIERRE DE MOLDE**

##### Velocidades:

D0000 se escribe la velocidad lenta de cierre de molde.

D0001 se escribe la velocidad media o de transición de cierre de molde.

D0002 se escribe la velocidad rápida de cierre de molde.

Posiciones de cambio de Velocidades:

D0003 se escribe la posición de molde para cambio de velocidad R a M.

D0004 se escribe la posición del molde para cambio de velocidad M a L.

D0005 se escribe la posición del molde cerrado.

**3.3.2 AVANCE DE BOQUILLA**Velocidad:

D0006 se escribe la velocidad de avance de boquilla (Modo automático).

D0007 se escribe la velocidad de avance de boquilla (Modo Manual).

Las velocidades de avance de boquilla en ambos casos son las mismas para el movimiento de retroceso de boquilla.

**3.3.3 INYECCIÓN**Velocidades:

D0008 se escribe la velocidad lenta de la inyección 3ra Presión

D0009 se escribe la velocidad media o de transición de inyección 2da Presión

D0010 se escribe la velocidad rápida de inyección.

Posiciones de cambio de Velocidades:

D0011 se escribe la posición del husillo para cambio de velocidad R a M

D0012 se escribe la posición del husillo para cambio de velocidad M a L.

D0013 se escribe la posición del husillo adelante.

### **3.3.4 BLOQUE DE APERTURA DE MOLDE**

D0014 se escribe la velocidad de apertura de molde.

#### Posición:

D0015 se escribe la posición de molde totalmente retirado.

### **3.3.5 PPOSICIONES DE MEMORIAS PARA LECTURA / ESCRITURA DE LOS TEMPORIZADORES**

D0020 Tiempo de molde abierto.

D0021 Tiempo de seguro de molde.

D0022 Tiempo de inyección (Mando Automático).

D0023 Tiempo de inyección (Mando Manual).

D0024 Tiempo de retención de boquilla.

D0025 Tiempo de molde cerrado.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

Teniendo en cuenta los objetivos de este trabajo diploma se arriba a las siguientes conclusiones:

- 1 Las informaciones adquiridas de las bibliografías y artículos científicos han sido de gran ayuda para la comprensión del funcionamiento de las máquinas de inyección.
- 2 El diseño del programa de control, cumple un papel de gran importancia en el desempeño de los procesos y la calidad del producto final deseado.
- 3 Las implementaciones de protecciones y alarmas en las líneas de códigos contribuyen a alargar la vida útil de la máquina y evitar accidentes que puedan costar incluso hasta pérdidas de vidas humanas lamentables.
- 4 El conocimiento de los modos de operaciones de las máquinas de inyección, facilita la implementación del código del programa de control.
- 5 El programa implementado cumple con los requisitos planteados por la empresa demandante, el mismo posee: detección rápida de fallas, chequeo de variables deseadas, implementación de alarmas y protecciones, comunicación con el panel XGT y flexibilidad en la línea de producción.

## **Recomendaciones**

Este programa no ha sido implementado para su comprobación, por ausencia del personal calificado para la operación de la máquina, por lo que se recomienda:

- 1 Introducir el código por parte, para la comprobación ordenada del mismo.
- 2 Comenzar las comprobaciones de las subrutinas, por las líneas de códigos en el mando manual.
- 3 Emplear el protocolo de comunicación Dedicado para la comunicación de los PLCs.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hongying, G. H., Zhu Zhonghua, Zhao Xincheng, Xu (2011). "The Cold Extrusion Forming Process Optimization about the Hexagonal Bowl Auto Part." Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA): 729.

Kondratiev, I. D., R. Veselov, G. Kolesnikov, A. (2009 ). "Hierarchical control for electromechanical systems based on synergetic control theory." Control Applications, (CCA) & Intelligent Control, (ISIC)(1085-1992 ).

Leiva Chacón, J. L. (2010). Caracterización y reciclado por extrusión del EVA de desecho ETIL VINIL ACETATO. Ingeniería Mecánica.

Liao, J. X. G. (2009). "CAD System for Plastic Profile Extrusion Die Based on UG." Intelligent Computation Technology and Automation 3: 305

Loor, A. G. Q. P. V. A. S. G. V. P. C. (2010).

Proyecto de producción y comercialización de perfiles plásticos a base de materia prima reciclada para compañías exportadoras de banano en la ciudad de Guayaquil

Facultad de Economía y negocios Escuela Superior Politécnica del Litoral.

LS (2007). Manual [PLC]MASTER-K K120S CPU English User's Manual.

LS (2008). Manual [HMI] XGT Panel XP10 English User's Manual V2.1.

Mezzomo, M. R. (2009). Influência da quantidade de argila e da temperatura de sinterização na resistência à cominuição por atrito de grânulos a base de diatomita obtidos por extrusão Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Navarro Vidal, R. (2009). Influencia de la viscosidad en la incompatibilidad de mezclas de residuos de materiales plásticos en el proceso de reciclado.

Ravi, S. B., P.A. (2010). "Modelling and control of an anfis temperature controller for plastic extrusion process." Communication Control and Computing Technologies (ICCCCT), : 314

Reznicek, M. S., I. Reznicek, Z. (2010). "Thermodynamic sensors new opportunities for measuring and control in industrial applications." Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC).

Sapag Chain, N. (2007). Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación, Pearson Educación.

Solé, M. (1998) Manual Técnico de Máquina Extrusora 80 T

Suescum Trejos, J. A. (2007 ). Mejoramiento de la eficiencia de una extrusora de doble tornillo para fabricación de tubería. FIMCP, Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Trujillo León, C. (2011 ). Implementación de una Metodología de Mejora y Calidad y Productividad en una Pyme del Sector Plástico. FIMCP.

Valdivieso Torres, J. C. (2011). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa EXTRUPLAS S.A. Ingeniería Mecánica

Wu, J. Z. X. (2009). "Application of digital communication techniques to plastic extrusion process." Electronic Measurement & Instruments: 2-34

Yu, N. H. J. X. G. (2009). "Application of PLC and touch screen in two-way extrusion of biomass block fuel prototyping machine." Electronic Measurement & Instruments: 3-761

## ANEXOS

## Anexo I Controlador lógico programable

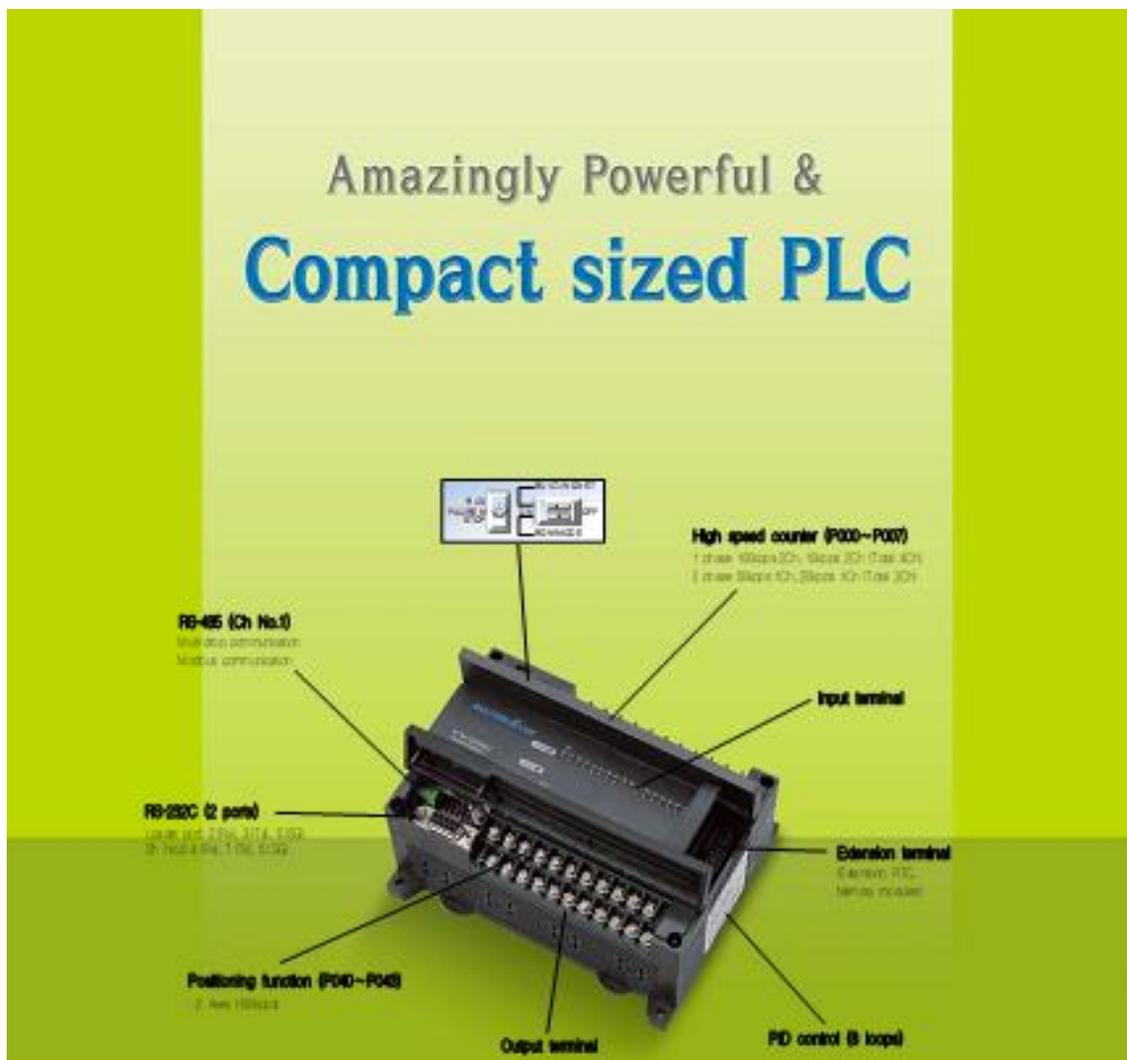


Fig-2.2 Controlador lógico programable (PLC MASTER-K120s)

## Anexo II Panel XGT



Fig-2.3 Panel XGT para visualización de datos y alarmas del proceso.

### Anexo III Diagrama de flujo del programa.

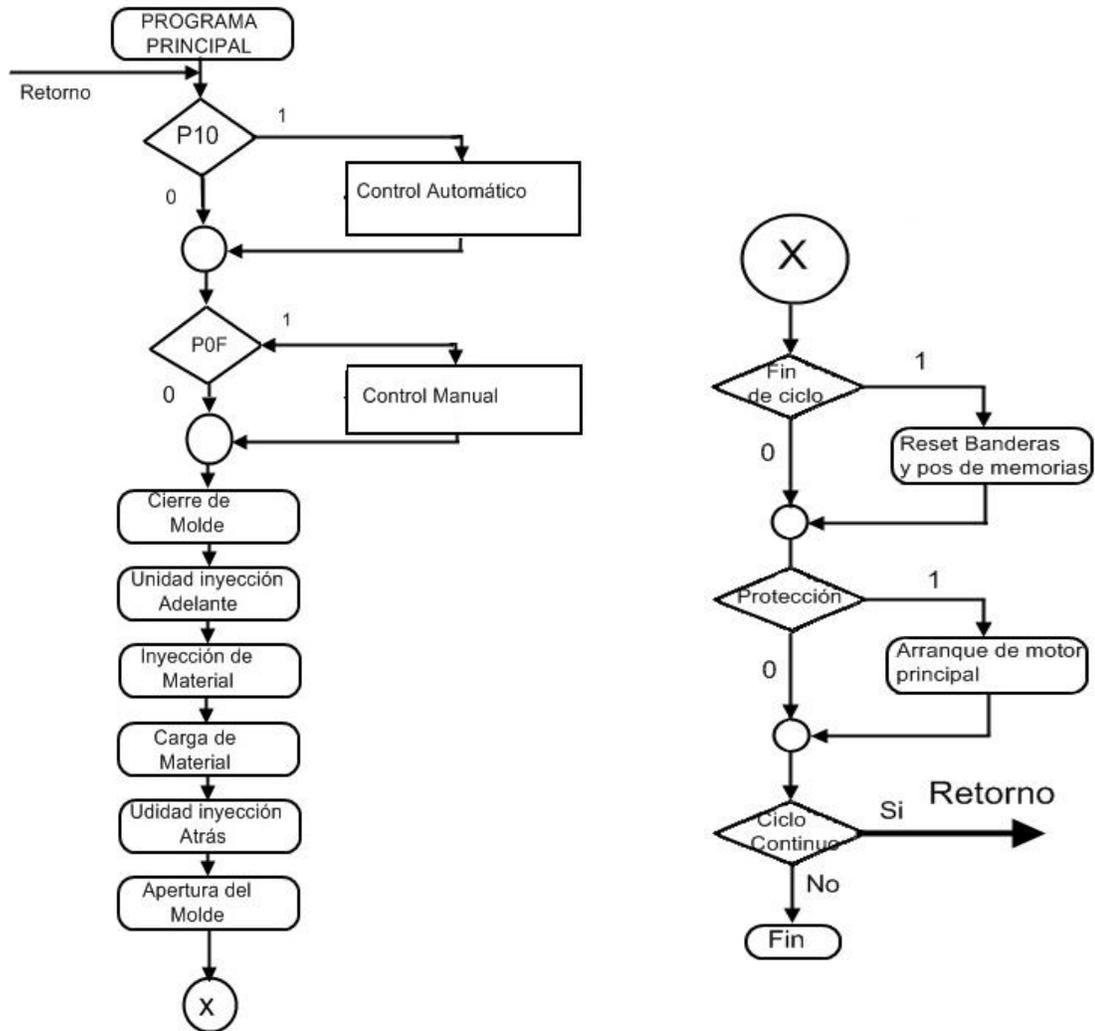


Fig-2.4 Diagrama de flujo (Programa Principal).

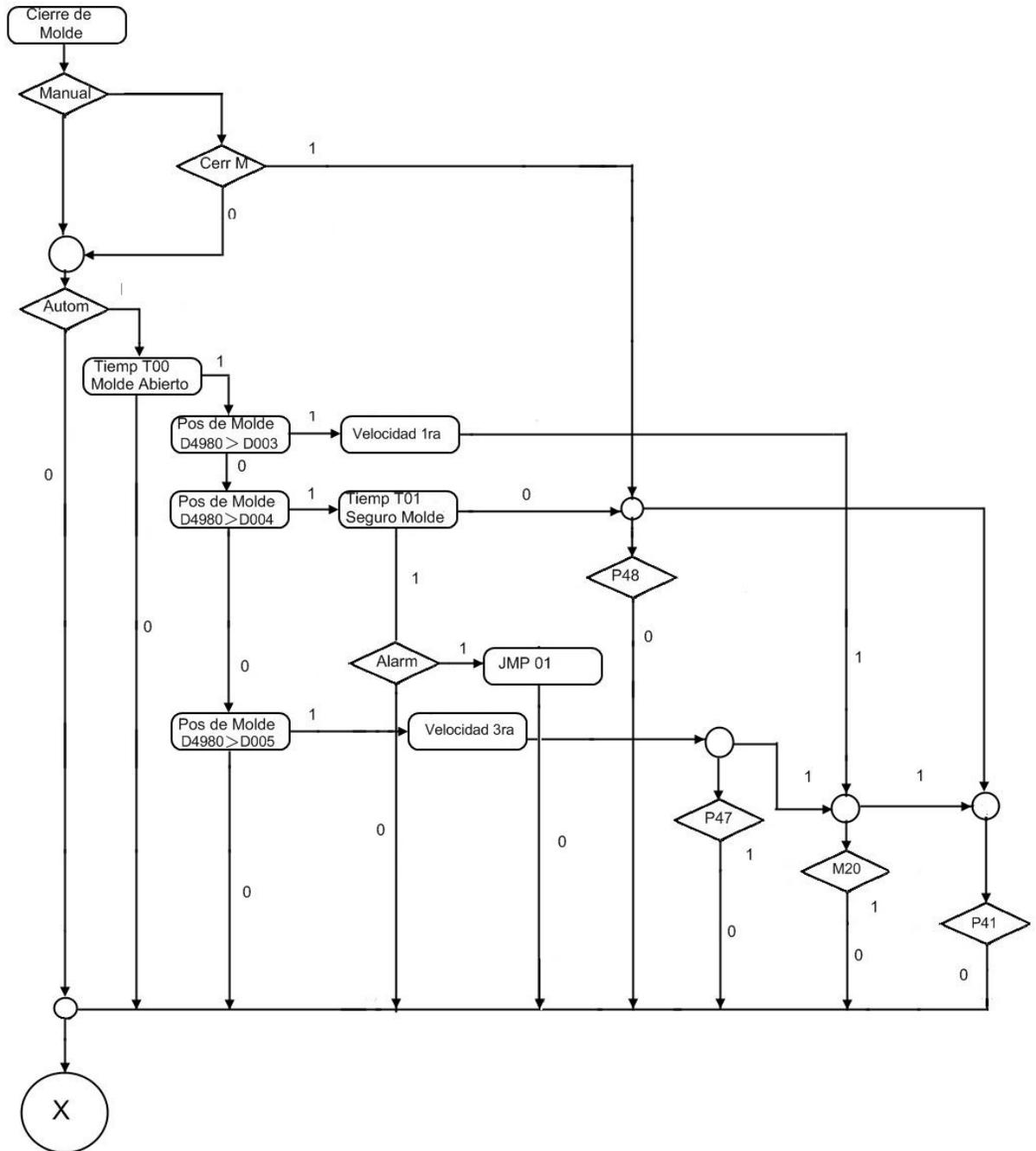


Fig-2.5 Diagrama de flujo (Subrutina Cierre de Molde).



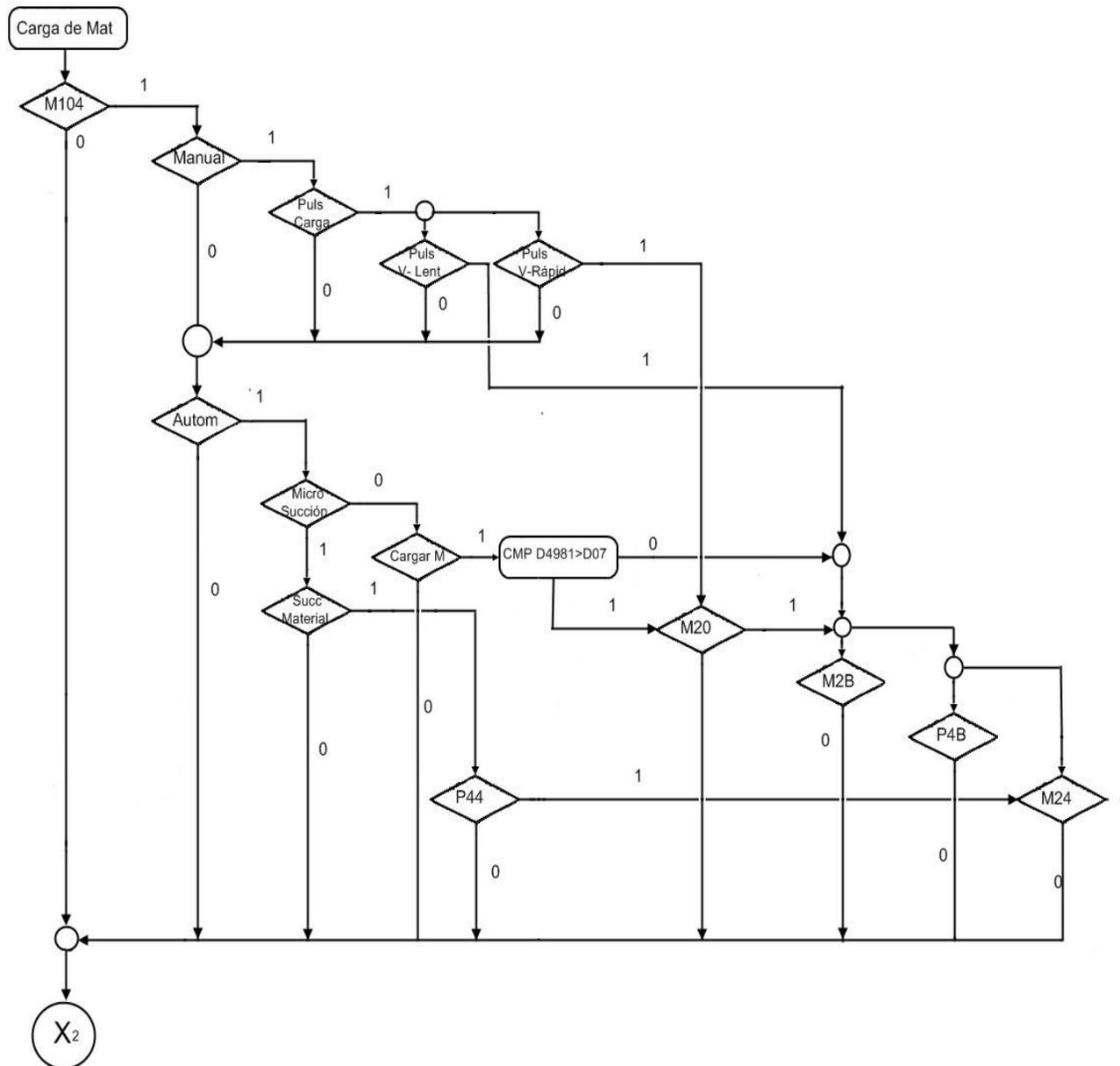


Fig-2.7 Diagrama de flujo (Subrutina Carga de Material).

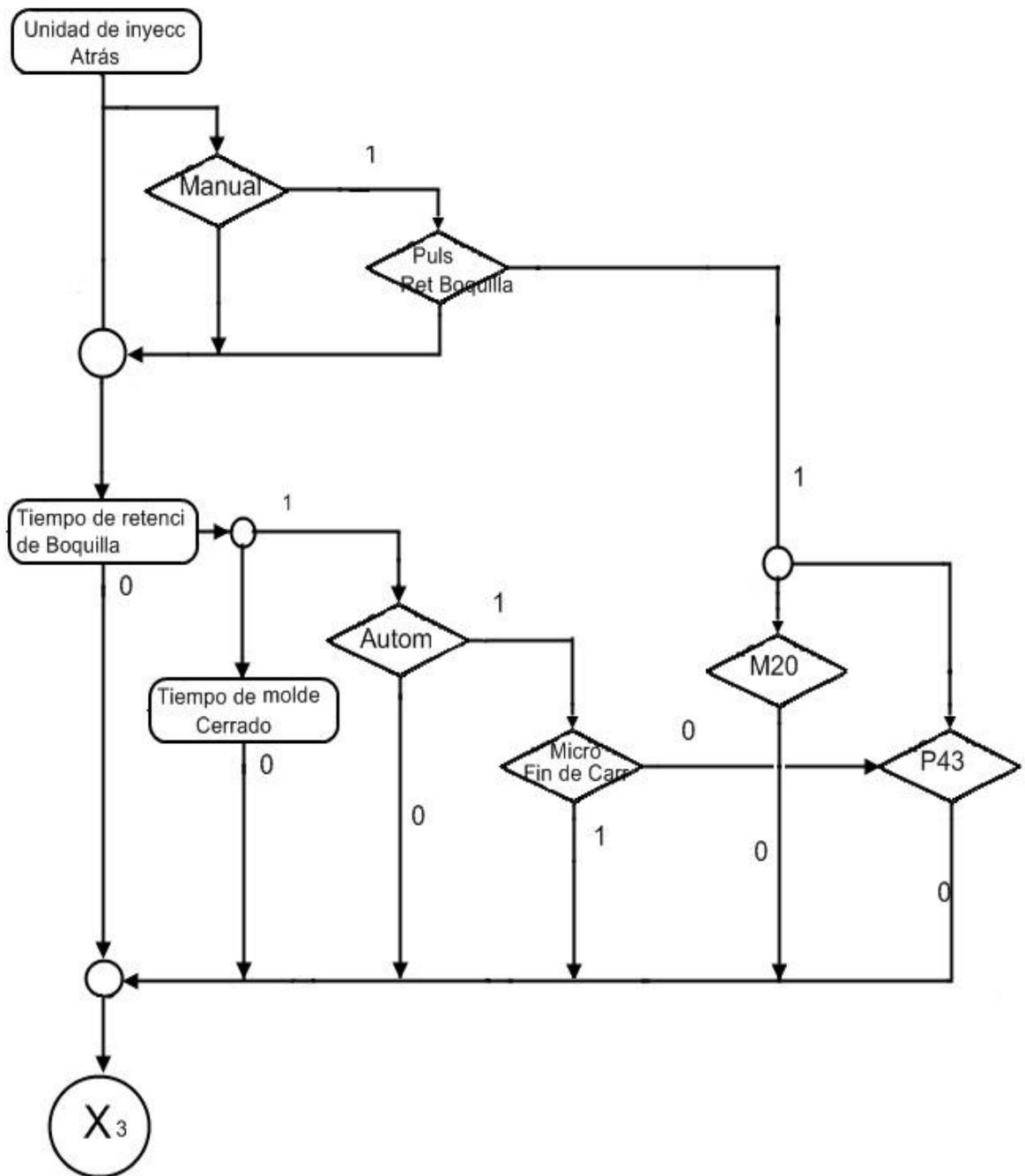


Fig-2.8 Diagrama de flujo (Subrutina Unidad de Inyección Atrás)

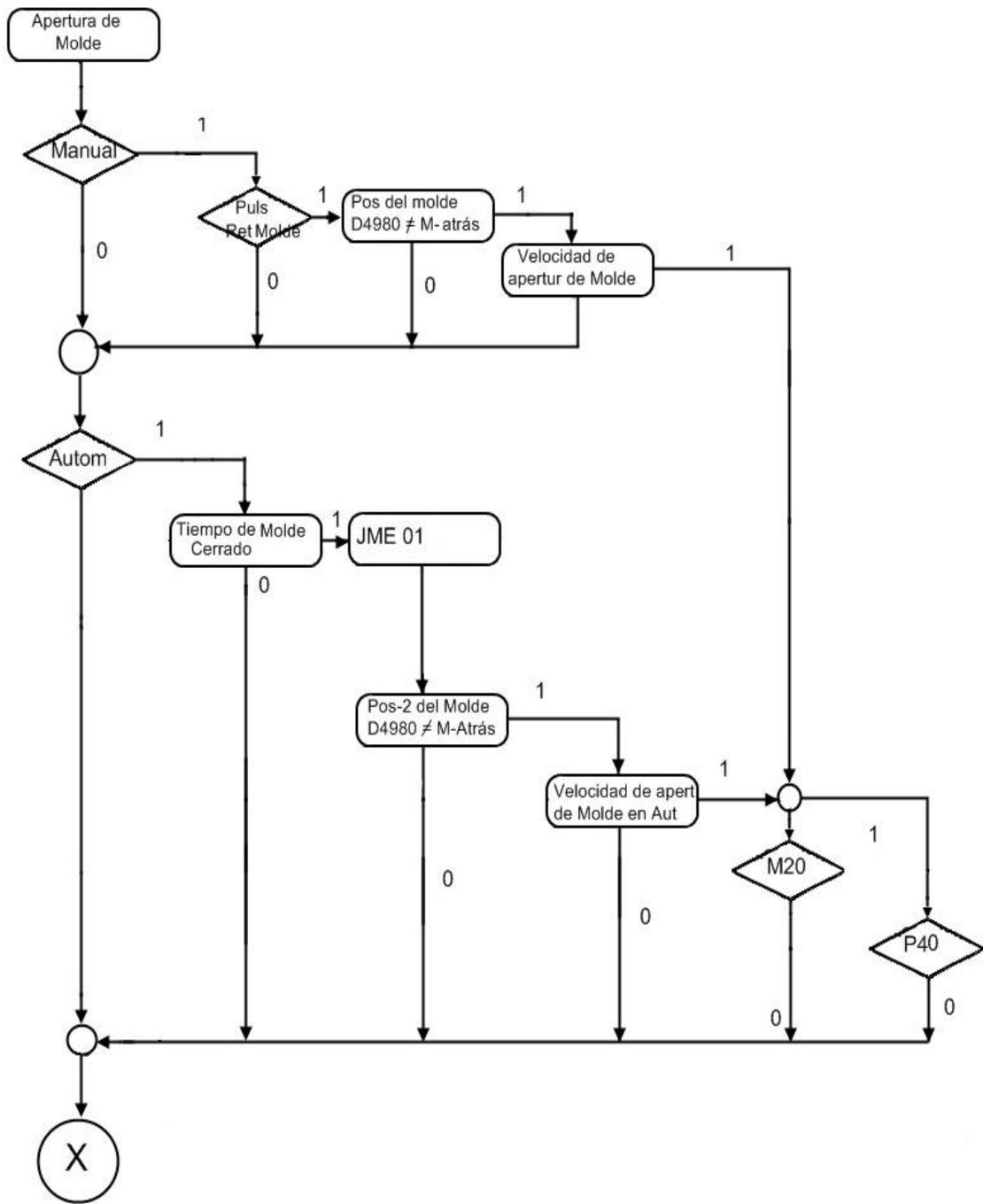


Fig-2.9 Diagrama de flujo (Subrutina Apertura de Molde).

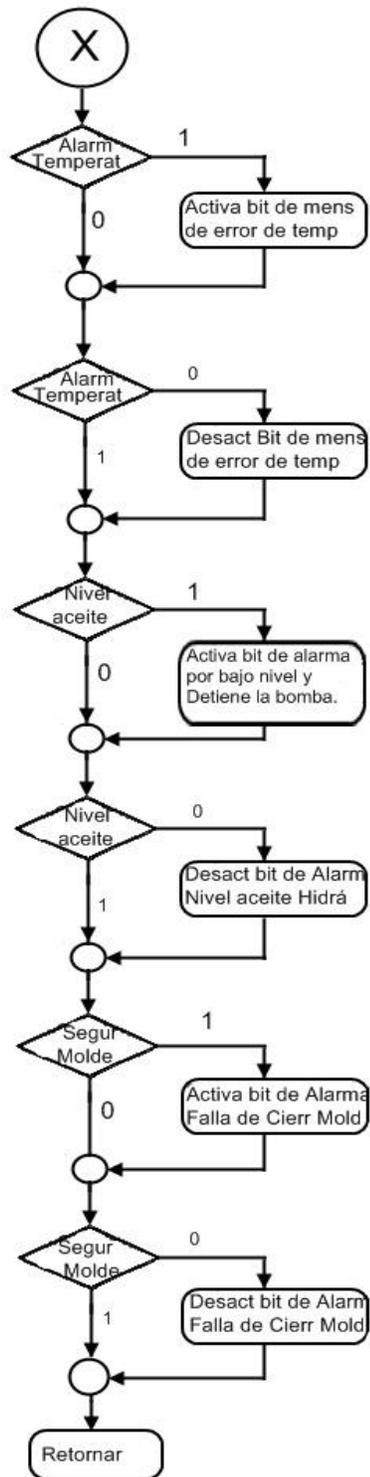


Fig-2.10 Diagrama de flujo (Aviso).

## Anexo IV Configuración del canal de Comunicación.

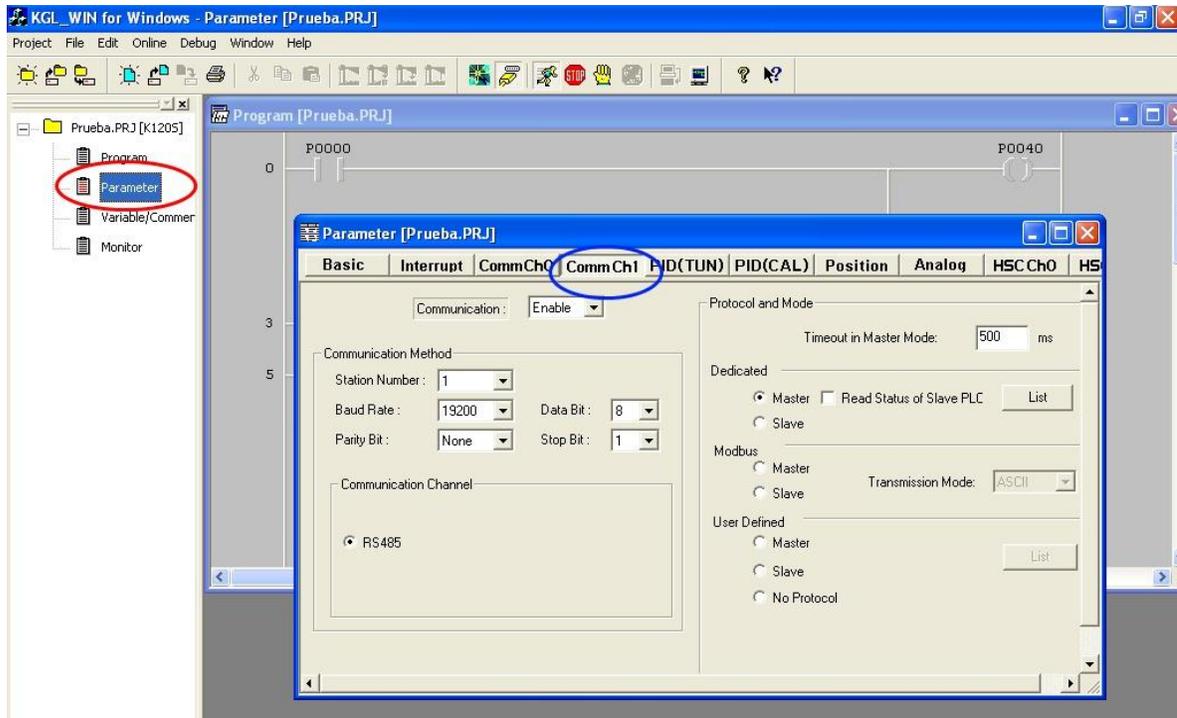


Fig-3.1 Ventana de configuraciones de parámetros.

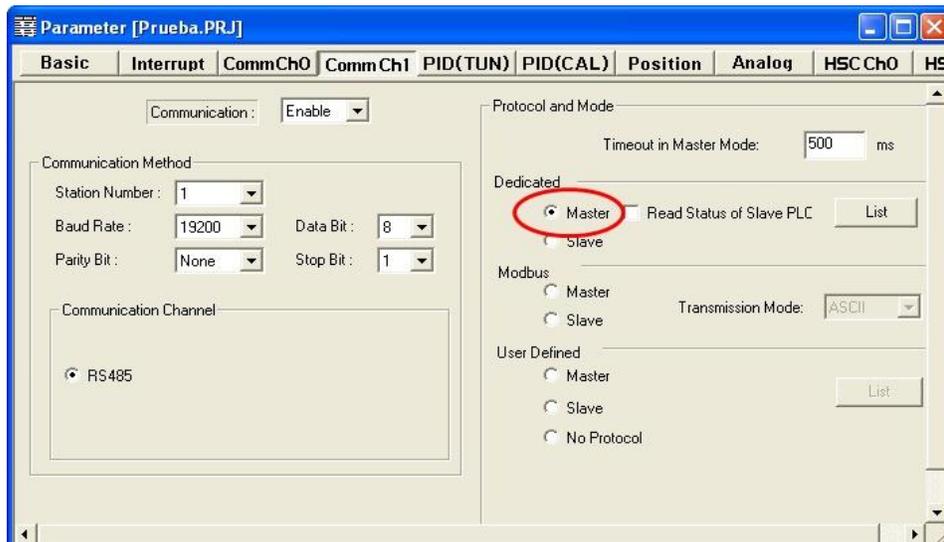


Fig-3.2 Selección de modo máster en el protocolo dedicado.

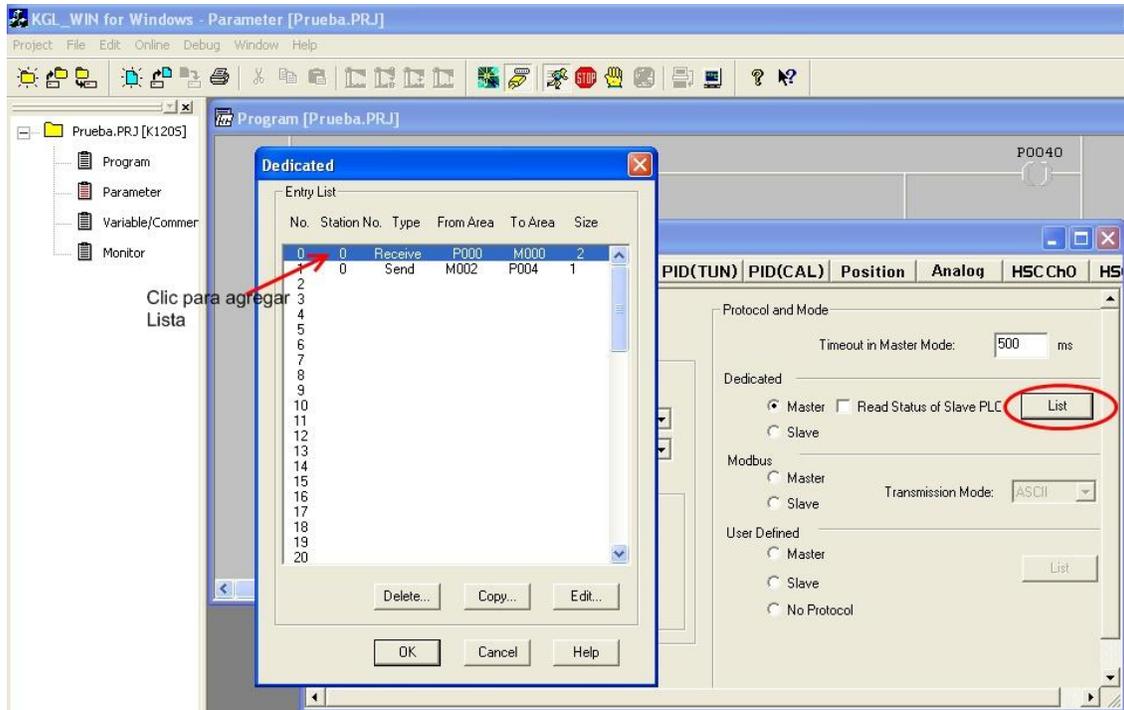


Fig-3.3 Entrar lista para configuración del canal de comunicación.

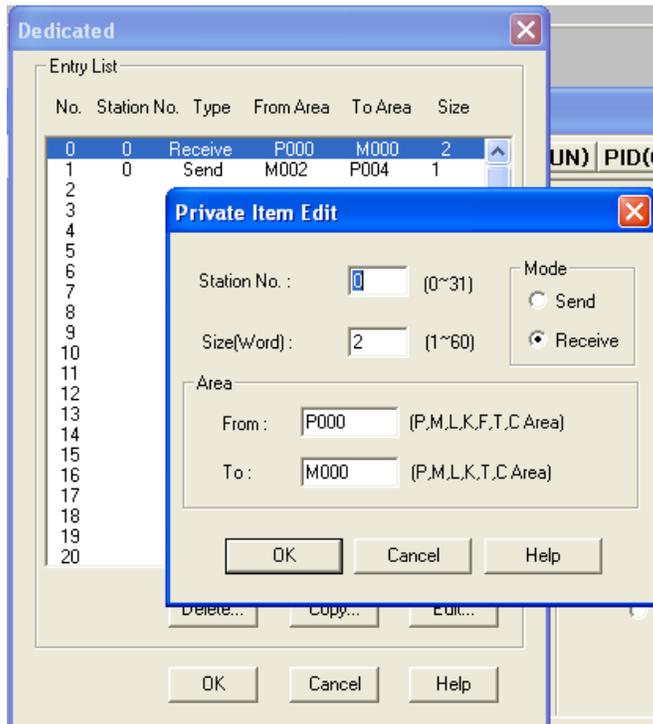


Fig-3.4 Configuración del canal de comunicación.

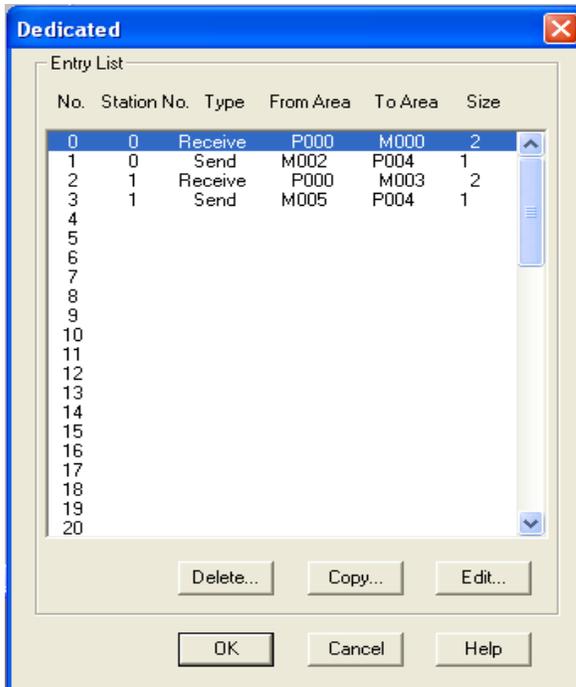


Fig-3.5 Configuración del canal de mediciones para el proyecto.

## Anexo V Programa implementado.

