

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL
PROCESO DE EXTRUSIÓN DE MANGAS DE
POLIETILENO EN UNA PLANTA DE 450 Tn/mes DE
PRODUCCIÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO**

ARIAS MENA TEÓFILO EDGAR

PROMOCIÓN 2004-I

LIMA-PERÚ

2011

II

INDICE

PROLOGO.....	1
CAPITULO I INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 ORIGEN ETIMOLÓGICODEL TERMINO PLASTICO.....	6
1.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	7
1.2.1 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....	7
1.2.2 ETAPAS PRINCIPALES DE LA PRODUCCIÓN.....	8
1.2.3 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.....	8
1.2.4 PRODUCCIÓN DE EXTRUSIÓN NOMINAL ENCONTRADA...	9
CAPITULO II ESTUDIO DE MERCADO.....	10
2.1 UBICACIÓN DEL MERCADO.....	10
2.2 POBLACIÓN.....	11
2.3 PRODUCTO.....	11
2.4 NECESIDAD.....	13
2.5 OFERTA.....	14
2.6 COMPONENTES DE LOS PRECIOS Y COSTOS.....	15
2.7 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA COMPETENCIA Y DEMANDA.....	17
2.8 PROVEEDORES DE MATERIA PRIMA.....	18
2.9 LA FORMA DEL DESPACHO.....	19
2.10 FORMA DE PAGO.....	19
2.11 SINTESIS DEL ESTUDIO DE MERCADO.....	19
CAPITULO III ESTUDIO TÉCNICO.....	21
3.1 INTRODUCCIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO.....	21
3.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	23

III

3.3 PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS.....	24
3.4 RECONOCIMIENTO DEL PROCESO DE MANUFACTURA ESTÁNDAR.....	24
3.4.1 EL PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	24
3.4.2 LA MATERIA PRIMA A EMPLEAR.....	27
3.4.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MANGAS DE POLIETILENO.....	46
3.4.4 VARIEDAD Y CALIDAD DEL PRODUCTO A OBTENER.....	47
3.5 RECONOCIMIENTO DE LA MÁQUINA EXTRUSORA.....	49
3.5.1 CONFIGURACIÓN DL SISTEMA DE ACCIONAMIENTOS AUXILIARES.....	58
3.5.1.1 ACCIONAMIENTO MANUAL.....	72
3.5.1.2 ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO.....	75
3.5.1.3 PARADA DE EMERGENCIA.....	76
3.5.2 AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DEL NIVEL DEL MATERIAL EN LA TOLVA.....	76
3.5.3 AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURAS EN EL TREN DEL HUSILLO.....	83
3.5.4 AUTOMATIZACIÓN DE LA MANERA DE FIJAR LA PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN Y EL CAUDAL DE AIRE A LA MANGA.....	87
3.5.4.1 CALIBRACIÓN DEL REGULADOR DE PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN.....	88
3.5.4.2 CALIBRACIÓN DEL CONTROLADOR DE CAUDAL DE ALIMENTACIÓN.....	90
3.5.5 RESULTADO ESTIMADO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.....	95

IV

3.5.6 CONFIGURACION DEL SISTEMA DE SUPERVISION Y CONTROL USANDO PC.....	98
3.5.7 RESULTADO ESTIMADO DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.....	102
3.6 LA RELACION DE LOS MANTENIMIENTOS DE LAS EXTRUSORAS Y ESTABLECIMIENTO DE LINEAMIENTOS DEL CONTROL DE CALIDAD..	103
3.6.1 EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	103
3.6.2 RESULTADO ESPERADO DEL CAMBIO DE TORNILLOS DE EXTRUSIÓN.....	105
3.6.3 EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	108
3.6.4 ESTABLECIMIENTO DE LOS RANGOS DE ALARMA PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	112
3.6.5 ESTABLECIMIENTO DE LOS ESTÁNDARES DEL CONTROL DE CALIDAD DURANTE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	113
3.7 LA ESTIMACIÓN DE LOS MATERIALES NECESARIOS.....	115
3.8 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO TECNICO.....	116
CAPITULO IV ESTUDIO FINANCIERO ECONÓMICO.....	117
4.1 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO FINANCIERO-ECONOMICO.....	117
4.1.1 COSTOS DIRECTOS.....	117
4.1.2 COSTOS OPERATIVOS.....	118
4.1.2.1 PUNTO DE EQUILIBRIO OPERATIVO.....	118
4.1.3 INCREMENTO DE LOS COSTOS DIRECTOS.....	119
4.1.4 INCREMENTO DE LOS COSTOS OPERATIVOS.....	119
4.1.5 CONSIDERACIONES DE FINANCIAMIENTO.....	120
4.1.6 FLUJO DE SALDOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS.....	120

4.1.7	PROYECCIÓN DEL TIEMPO DE REPAGO DEL FINANCIAMIENTO.	122
4.1.8	CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO FINANCIERO-ECONOMICO.....	122
CAPITULO V PLAN DE EJECUCIÓN.....		124
5.1	PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	124
5.1.1	DESCRIPCIÓN.....	124
5.1.2	METAS.....	126
5.1.3	ALCANCE.....	126
5.1.4	PLAN DE COMUNICACIÓN.....	127
CONCLUSIONES.....		128
RECOMENDACIONES.....		130
BIBLIOGRAFIA.....		131
ANEXOS.....		133

PROLOGO

En el presente prólogo se describe los contenidos de cada uno de los capítulos que se incluyen en la presente documentación, de la manera que a continuación se describe.

Capítulo I: Se presenta el contexto en el cual está inmersa la empresa en la que se realiza la implementación de la automatización del sistema de control del proceso de extrusión de mangas de polietileno. Se hace una reseña histórica del origen del plástico, material a emplear. Se presenta el organigrama de la empresa. Se indica el proceso de manufactura para obtener mangas de polietileno. Finalmente se muestra el estado situacional de la producción que se encontró en el inicio de los estudios.

Capítulo II: Se presenta el estudio de mercado en base a los siguientes aspectos: Se indica la ubicación del mercado, el producto necesitado, la demanda, el precio, la oferta existente y el mercado potencial a abastecer.

Capítulo III: Se presenta el estudio técnico basado en los siguientes puntos: Al inicio se identifica el problema y se plantea la hipótesis de trabajo. Se presenta el marco teórico relacionado al plástico. Se muestran los aspectos teóricos relacionados a las máquinas sopladoras. Se indican los aspectos teóricos

relacionados al control usando tecnología Plug&Play (P&P). Se muestran los costos directos y operativos. Se indica el tiempo necesario para implementar el sistema de control desde el punto de vista técnico.

Capítulo IV: Se presenta el estudio financiero-Económico mediante la presentación del flujo de caja. Se calcula el Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno (VAN, TIR). Finalmente se presenta la relación Beneficio-Costo

Capítulo V: Se presenta detalladamente plan de ejecución de la implementación de la automatización propuesta usando el diagrama de Gantt correspondiente.

Luego de la presentación capitular, finalmente, se presentan la Conclusión o Tesis y las recomendaciones. Con la presentación de los Anexos se concluye la documentación correspondiente al presente trabajo.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente los problemas derivados de una gestión industrial que no tiende a la automatización hace más sensible su sostenibilidad comercial que en el pasado.

Esta es una de las consecuencias de la globalización de la economía en general y de la industria en particular. La necesidad de volcar la producción de las empresas públicas o privadas a un mercado más competitivo, obliga a la Dirección de toda empresa a tener capacidades de Gestión Tecnológica comparables con los de sus pares más avanzados.

Dicha necesidad de emulación se agudiza cuando se trata de la industria de los plásticos, en un entorno como el peruano, donde nos ubican rezagados en materia de gestión tecnológica¹. La falta de Planificación, en general, es la característica de industria que se debe revertir. En la industria de los plásticos, las empresas, sobre todo las de tipo PYME, que son la mayoría, deben competir con empresas extranjeras que cuentan con mayores y mejores medios tecnológicos, en un mercado condicionado principalmente por los acuerdos ya generalizados de los tratados de libre comercio (TLC), donde se contempla el cumplimiento de nuevas y estrictas regulaciones de carácter internacional para la lucha contra la contaminación ambiental, que obligan a modificar los esquemas productivos y de

¹ Existen infinidad de estudios que describen las falencias de la gestión industrial en nuestro medio. Al respecto véase por ejemplo: LA INDUSTRIA SOSTENIBLE EN EL PERÚ: RETO PARA EL DESARROLLO NACIONAL por Alfonso Romero B., Jorge Inche M. y César Cáceres S. del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial - 2001- UNMSM

distribución recurriendo cada vez más al empleo de tecnologías de control disponibles que tienen como características su disponibilidad, su costo accesible, su fácil configuración, su confiabilidad y su operación segura. Esto último constituye un factor que hace que los empresarios inviertan con mucha mayor confianza.

Las empresas están obligadas a ser mucho más eficaces y eficientes si desean prosperar en una época y lugar donde se juntan y prevalecen el paradigma de la globalización y el de la sostenibilidad. Esto obliga a que la gestión específica productiva, administrativa, financiera y económica sea de alta calidad a fin de conseguir una producción y servicios con la máxima rentabilidad pero a la vez con el mínimo daño a la comunidad y ecosistema que nos entorno. Esto hoy día se denomina Responsabilidad Social Empresarial (RSE) y este concepto tiende a aceptarse y generalizarse cada vez más en la industria mundial².

Por otro lado, desde el punto de vista de la ingeniería, existen considerables evidencias que nos muestran que el empleo de los sistemas de control automático basado en controladores digitales, marcan la diferencia a favor de las industrias competitivas.

En el ámbito de la Ingeniería Mecánica³, se conoce que el modo competente de afrontar el reto de obtener productos de alta calidad y continuidad en la producción industrial depende del grado y de la calidad de la automatización de los controles de los procesos productivos y de las instalaciones industriales. Esto refleja un aumento radical de la competitividad de la empresa ya que se reducen los costos

² Véase al respecto las Metas del Milenio y la Declaración de la Ciudadanía Corporativa del WEF

³ Véase al respecto las Conclusiones del Octavo Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica sobre la Calidad de la Producción Industrial realizado en el Cusco del 23 al 25 de Octubre 2007

hasta el mínimo, disminuye la contaminación, aumenta la seguridad y hace que todo el proceso sea estandarizado.

Dada la alta competitividad en el mercado de los plásticos, en dicho sector está muy arraigado el seguimiento del paradigma japonés conocido como Kanzei, el cual se traduce como el aumento continuo del valor de la producción y eliminación de todo aquello que no incremente valor en la cadena productiva. Este enfoque también resalta la necesidad de cumplir con condiciones previas antes de adoptarlo. Dicho paradigma que sintetiza muchos estudios relacionados a la gestión tecnológica constituye un buen punto de partida en muchas empresas de nuestro medio, tan aquejado de informalidad. Dentro de este contexto podemos asociar la necesidad de mejorar el equipamiento que se tiene y luego como condición previa está la necesidad de automatizar el control de la producción.

Dicho paradigma es lo que originó el presente trabajo. Los ejecutivos de la empresa Plásticos Rey SAC, me encargaron realizar los proyectos necesarios para aumentar la productividad de la producción de mangas de polietileno siempre que lo que se recomiende e implemente sea de fácil disponibilidad, de costo accesible, de fácil configuración, confiable y que se opere en forma segura. Es por ello que en primera instancia, luego de conocer todo el proceso productivo, se hizo necesario aprovechar todas las facilidades de la planta y mejorarlas, también se debió sustentar la implantación de sistemas automatizados de control en las extrusoras de mangas de polietileno basada en el control mediante computadora (PC). Todo esto constituye la base de la tesis planteada, basada en las evidencias de desempeños reales y favorables.

En el presente trabajo se demuestra que es muy posible realizar un control

automático del proceso de extrusión de mangas de polietileno a bajo costo y confiable con tecnología abierta. Una de las premisas importantes, como primera etapa del desarrollo exigido es que tanto la implementación, programación y mantenimiento del sistema de control sea de fácil comprensión por los directivos de la empresa y por los operadores.

En la presenta documentación se demuestra que es posible automatizar el sistema de control del proceso de extrusión de mangas de polietileno de una planta de 450 Tn/mes de producción.

Para alcanzar dicho objetivo se hace necesario completar tres componentes principales:

- Equipar el sistema de control automático
- Realizar el mantenimiento de las sopladoras
- Comprobar la viabilidad económica del proyecto

En el presente trabajo se muestra como cada uno de los componentes mencionados se lograr plasmar en la práctica de modo que se pueda inferir el logro del objetivo principal de aumentar la producción y ser más competitivos.

1.1 ORIGEN ETIMOLÓGICO TEL TÉRMINO PLÁSTICO

La palabra “Plástico” proviene del idioma griego clásico que significaba “capaz de ser moldeado”; sin embargo, esta definición es solo nominal y se requiere precisiones adicionales para describir en forma clara la gran variedad de materiales que hoy en día así se denominan, se producen y emplean en la industria.

Técnicamente se define al plástico como aquel material formado por largas

cadena macromoleculares que contienen en su estructura principalmente carbono e hidrógeno.

Se obtienen mediante técnicas de química orgánica que se relacionan con los llamados polímeros (del griego, Poli = muchas y meros = partes), las cadenas moleculares con múltiples secuencias de átomos enlazados cuyas propiedades microscópicas hacen posible la fabricación de diferentes materias primas o insumos de origen sintético o natural. El moldeo se efectúa mediante procesos de transformación estructural microscópica aplicando básicamente calor y presión.

Los plásticos son pues parte de la gran familia de los materiales polímeros y de ellos derivan una inmensa gama de productos de uso diario como los adhesivos, recubrimientos y pinturas, solo para citar unos pocos, que resultan indispensables en la vida moderna. La Industria de los Plásticos es inmensa y existe en todos los países del mundo aunque de manera distinta. Su desarrollo es muy dinámico y la innovación permanente es una de sus características más importantes.

1.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.2.1 Información de la Empresa

La Empresa PLASTICOS REY S.A.C es una empresa industrial con 22 años de servicio en el mercado industrial dedicado al rubro de Extrusión, Sellado y Flexografía de mangas de polietileno de alta y baja densidad y, además el polipropileno. Los productos que la empresa ofrece al mercado son bolsas y mangas de polietileno, mangas termo contraíbles, impresiones flexográficas en 8 colores en bolsas de alta y baja densidad y polipropileno, todos los productos son especiales para el agro, la industria y el comercio.

Actualmente tiene una producción de 15 toneladas diarias de extrusión de polietileno. La empresa esta ubicada en Avenida San Juan, Manzana B, Lote 16 de la Urbanización Industrial Sta. Martha, Ate, Lima

1.2.2 Etapas principales de la producción

El diseño de las áreas de producción está en concordancia con los procesos de manufactura de cada línea productiva. Los procesos se dan en cada una de las siguientes etapas:

- En el almacén se acopian los insumos y materias primas
- Dicho material se distribuye al área de extrusión
- Luego pasa al área de sellado y/o el área de flexografía
- La merma acumulada pasa al área de paletizado para que finalmente se reprocesa en el área de extrusión, cerrando así el ciclo productivo⁴.

Cada etapa agrega valor a la precedente conforme a los principios de la producción en cadena simple. Por ello maximizar su valor es de gran importancia durante el proceso productivo.

1.2.3 Organigrama de la Empresa

La organización del personal esta enmarcada dentro del siguiente organigrama que aun cuando tiene una estructura tradicional jerárquica, en la práctica es muy efectiva.

⁴ Véase en el Anexo 1.1 el plano A001 (línea de secuencia del proceso de producción) y en el plano A002 (vista de planta de la línea de seguridad y señalización).

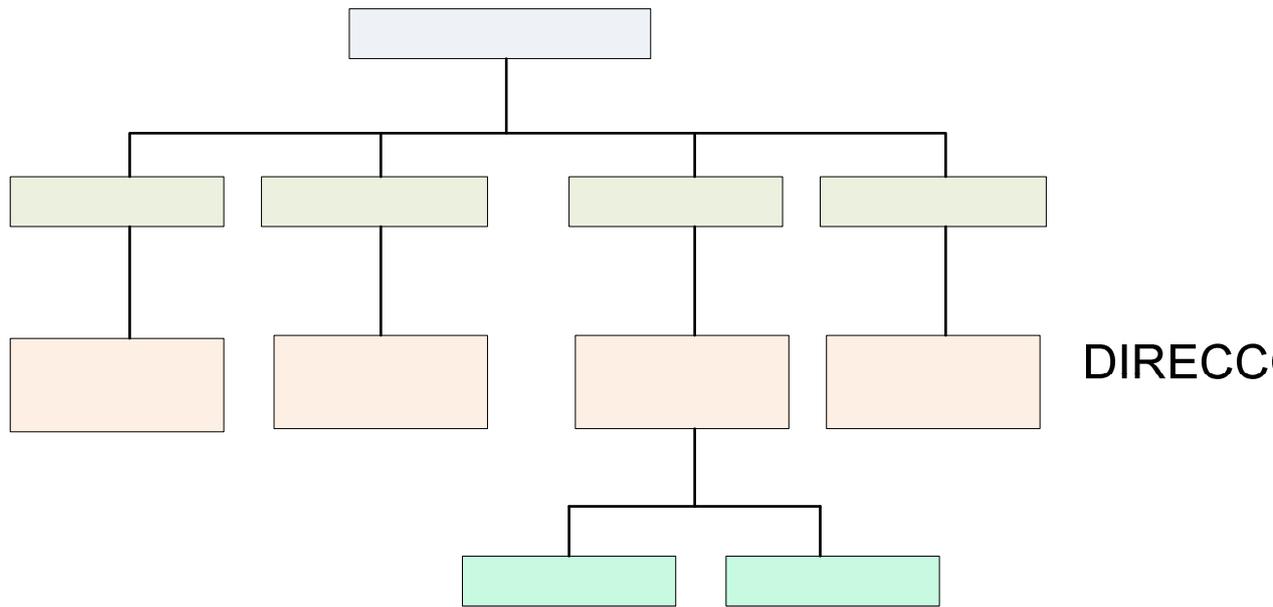


Figura 1.1 Organigrama de la Empresa.

GERENCIA ADMINISTRATIVA

GERENCIA FINANCIERA

1.2.4 Producción de extrusión nominal encontrada

La planta cuenta con una capacidad instalada de producción de 15 Ton / día, del mismo modo la producción de mangas llega hasta 450 Ton / mes

la que se distribuye tanto a los clientes como a las líneas de serigrafía y flexografía.

JEFEATURA DE RECURSOS HUMANOS

JEFEATURA DE COMPRAS Y VENTAS

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO

El objetivo del estudio de mercado es estimar la proyección de ingresos por ventas a lo largo del tiempo.

Siempre en un estudio de mercado se hace referencia a su ubicación, población, necesidad, producto requerido, precio, competidores y a la distribución.

Es evidente que la modernización obliga a realizar necesariamente los estudios de mercados para estimar el riesgo de la sostenibilidad de la demanda del producto en el tiempo.

El mercado siempre tiene como factor común la moda o uso del producto vigente, la calidad y el precio.

2.1 UBICACIÓN DEL MERCADO

Según la fuente de la Sociedad Nacional de Industrias los puntos donde se centralizan los mercados de mangas de polietileno, que luego son distribuidas en todo el país, se encuentran ubicados en el norte en Lambayeque, en el centro en Lima-Callao y en el sur en Arequipa. En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de participación de cada zona:

Tabla 2.1 Ubicación de los principales mercados de mangas de polietileno

ZONA	MAYOR CONSUMO	PARTICIPACIÓN. (%)
NORTE	LAMBAYEQUE	10.42
CENTRO	LIMA-CALLAO	80.26
SUR	AREQUIPA	9.32

FUENTE: SOCIEDAD NACIONAL DE INDUSTRIAS

2.2 POBLACIÓN

La población que demanda mangas de polietileno está compuesta por el 62% de población limeña y el 38% de población de provincias.

Por otro lado la participación relativa de la empresa corresponde al 10% de la población de consumidores. La competencia atiende al 90 % de los consumidores.

2.3 PRODUCTO

Los productos que son demandados por los clientes se muestran en el siguiente fotograma:

Fotograma 2.1 Diferentes tipos de productos

PRODUCTOS (USO INDUSTRIAL Y COMERCIAL)	DESCRIPCION
<p>MANGAS</p> 	<p>Polietileno de Baja densidad desde 1.25" hasta 80" Polietileno de Alta Densidad desde 1.25" hasta 80" Cristales y colores De regadíos Termoencogibles.</p>
<p>LAMINAS</p> 	<p>Polietileno de Baja densidad Polietileno de Alta Densidad Termoencogibles Coextruidas para la pesca y agroindustria. Bilaminados para la industria en BOPP-PET-PP-AL-PA-PE. Trilaminados para la industria en BOPP-PET-PP-AL-PA-PE.</p>
<p>BOLSAS</p> 	<p>Termoencogibles Coextruidas para la pesca y agroindustria. Polietileno A/D - B/D - P.P con impresiones en flexografía de 1 a 8 colores Para almácigos T-shirt, multiuso Desglosables Para basura Para marcianos</p>
<p>MANTELES Y MANTAS</p>  <p>Manteles y Mantas para la agricultura con U.V.</p>	<p>SACOS</p>  <p>Sacos de Polietileno para fertilizantes</p>

2.4 NECESIDAD

En los últimos años, la producción de productos plásticos ha mostrado un ritmo de crecimiento relativamente elevado, impulsando la paulatina recuperación de la demanda interna y por el gradual aumento en el número de aplicaciones y usos del plástico en diferentes sectores económicos de nuestro país.

De igual manera, ha crecido la exportación no tradicional el cual impacta en el rubro del plástico destinado al empaque y transporte de productos. Ello ha generado un incremento de la necesidad de productos plásticos. El crecimiento de la necesidad crece a un ritmo del 6,67 % anual según la estadística llevada por la Sociedad Nacional de Industrias. En la siguiente tabla se muestra la evolución de la necesidad:

Tabla 2.2 Evolución del índice de volumen físico necesitado de productos plásticos

PERIODO	INCREMENTO DE LA NECESIDAD RELATIVA AL AÑO ANTERIOR (%)
2001	7.0
2002	10.9
2003	6.1
2004	8.6
2005	3.0
2006	2.1
2007	7.3
2008	8.4
2009	6.6

Fuente: Ministerio de la Producción / Comité de Plástico S.N.I

Según reportes de la Sociedad Nacional de Industrias, la estructura del consumo nacional del polietileno muestra la siguiente estructura:

- Envases (52.1%)

- Aplicaciones de uso industrial (14.4%)
- Construcción (14%)
- Minería (8%)
- Restante (11.5%), que se reparte entre menaje, agricultura, transporte, espuma, etc.

Teniendo en cuenta estos datos la empresa ha orientado su producción mayoritaria en el rubro de envases obtenidos en base a mangas de polietileno de alta densidad para uso industrial y comercial.

Todas estas comprobaciones permiten asegurar que el riesgo de disminución de la demanda es bajísimo y más bien las perspectivas de su crecimiento son muy sólidas, lo que justifica plenamente la modernización, no sólo de la empresa Plásticos Rey SAC, también de todo el sector productor de plástico de nuestro país.

Permanentemente existe una necesidad no satisfecha que se demanda a la empresa que está por el orden del 30 a 40% respecto a la producción actual.

2.5 OFERTA

La oferta actual del 10% del mercado por parte de la Empresa PLASTICOS REY S.A.C se cubre con 13 máquinas extrusoras que operan las 24 horas del día durante dos turnos de 12 horas/día.

Tabla 2.3 Reportes de producción diaria promedio por maquina

MAQUINA	PRODUCCIÓN KILOS/DIA	SCRAP/DIA
1	350 Kg.	-
2	450 Kg	-
3	500 Kg	6 Kg
4	500 Kg	-
5	500 Kg	-
6	520 Kg	10 Kg
7	600 Kg	-
8	720 Kg	8 Kg
9	720 Kg.	12 Kg
10	720 Kg.	10 Kg.
11	1200 Kg.	25 Kg.
12	3000 Kg.	35 Kg.
13	5100 Kg.	50 Kg.
TOTAL	14880 Kg	156 Kg

La producción por máquina es muy diferente debido a su diseño y antigüedad. La Desviación Estándar promedio por día es de 1,144.62 kg/día. Por lo tanto la producción varía entre 13,753.38 y 16,024.62 kg/día. Por esta razón se opta como oferta nominal propia el valor de 15 Ton / día lo que nos da una producción total de 450 Ton / mes. El scrap es del orden del 1% del total

2.6 COMPONENTES DE LOS PRECIOS Y COSTOS

Uno de los principales componentes de los precios es el costo de la materia prima cuya variación se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.4 Precio CIF del polietileno

AÑO	PRECIO CIF U.S. \$ / KGS.
2000	1.34
2001	1.38
2002	1.41
2003	1.35
2004	1.38
2005	1.43
2006	1.51
2007	1.54
2008	2.40
2009	1.45
2010	1.90

Agencia Internacional de Energía (AIE – OCDE)

En el año 2008 hubo un alza significativa debida a la subida del petróleo, luego, el precio se ha estabilizado y nuevamente la tendencia es al alza moderada.

El segundo componente que influye en los precios es el costo directo de mano de obra. Los diferentes niveles de obra operativa son mostrados en la tabla 2.6.

Tabla N° 2.6 Costo mano de obra directo

Nivel	\$ / mes
1	270
2	360
3	450
4	540
5	630
6	720

Los precios de las mangas de polietileno se muestran en la tabla 2.7:

Tabla 2.7 Precios de las mangas de polietileno

Nivel	\$ / Tn
1	1, 203
2	2,172
3	2,479

Los ingresos y egresos nominales referenciales encontrados se muestra la siguiente tabla 2.8

Tabla 2.8 Ingresos y egresos nominales referenciales

RUBRO	SOLES	PORCENTAJE
Precio de venta nominal sin IGV de mangas de polietileno	1,900.00	100%
Ingreso por ventas netos (sin IGV)	120.00	6.32%
Costo de fabricación (DIRECTOS)	1780.00	93.68%

2.7 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA COMPETENCIA Y DEMANDA

La competencia es un factor importante en la determinación de los precios del producto. Ella permite activar el mecanismo de la oferta y la demanda dentro del libre mercado. Este mecanismo, sin embargo, está bastante influenciado cuando se trata de un oligopolio, como es el contexto en el cual se desarrolla la actividad productora de mangas de polietileno. Las grandes empresas casi siempre tienden a monopolizar el mercado y hacen concertación de precios lo que demanda sostenibilidad productiva para estar vigentes en el mercado.

Las PYME (de Lima) tienen acceso al crédito bancario a una tasa de 20% anual siempre que presenten garantías usurarias y si a ello se le suma el IGV de 19%, el impuesto a la renta y otros cargos municipales. Que ingresen competidores que se financian a dicha tasa es técnicamente no recomendable.

La competencia de la Empresa PLASTICOS REY S.A.C se puede mencionar en términos de la participación porcentual del mercado que asciende al 90% del total

de ventas en el mercado principalmente nacional.

La participación del 10% por parte de PLÁSTICOS REY S.A.C. está limitada por su capacidad de producción actual. Durante los tres últimos años, se han recibido requerimientos que muestran que se puede cubrir conservadoramente un 3.3% adicional del mercado nacional, lo que significaría tener que producir 150 Tn /mes adicionales. Esto último constituye el grado de prioridad de consumo latente.

2.8 PROVEEDORES DE MATERIA PRIMA

Actualmente la empresa y todo el sector industrial de los plásticos importa los insumos o materia prima de países como Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, China, Arabia Saudita, Venezuela, Chile y Colombia. Esta situación no es la mejor porque somete toda la industria a los vaivenes del precio internacional de estos insumos, ligado íntimamente al precio del petróleo que, como se sabe, es sujeto a especulación, junto con otros “commodities”, lo que lo somete a fuertes fluctuaciones. Esto hace difícil planificar la producción de las empresas de plásticos. En el Perú todavía no se ha aprovechado el gas de Camisea para crear industria petroquímica en el Sur lo que nos hubiese independizado del mercado mundial. Actualmente prevalece la ideología neoliberal que genera el riesgo de la desindustrialización del país que supuestamente debe concentrarse en sus “ventajas comparativas” y dedicarse exclusivamente a la extracción y venta de minerales o gas en bruto. Esto hace necesario que las medidas para mantenerse industrializado tienen que ser simples y efectivas.

2.9 FORMA DEL DESPACHO

De acuerdo a sondeos realizados periódicamente en los diferentes distritos fabriles de la Capital y empresas consumidoras de mangas de polietileno se ha observado que el despacho se realiza por entrega directa desde la Fábrica, mediante una flota de camiones, a nivel local y mediante transportes de carga a nivel provincial logrando así abastecer al mercado nacional. Dichos servicios se tercerizan.

Si bien es cierto sería aconsejable que la empresa tenga su flota propia, no podrá realizarse así, principalmente por razones económicas. En consecuencia se mantendrá el despacho tercerizado durante el horizonte de este Proyecto y los costos se negocian con el cliente. Aquí debe tenerse en cuenta que la estructura de oligopolio de esta industria limita fuertemente la canalización del producto y lo fija a unos pocos canales directos y sin intermediarios.

2.10 FORMA DE PAGO

Por regla general la empresa compra la materia prima al contado, abasteciéndose normalmente con una cantidad de 2000 Toneladas cada 4 meses (Es decir logística de Abastecimiento por lote fijo), y en lo que respecta a las ventas, la mayor parte de la producción (85%) es al contado, dejando un 15% al crédito.

2.11 SINTESIS DEL ESTUDIO DE MERCADO

Luego de un análisis detallado, en base a los aspectos indicados en los puntos anteriores, se concluye con el encargo de la dirección de verificar si es viable optimizar el empleo de la infraestructura. Por el lado del mercado se observa de las estadísticas que hay una demanda latente que está en el orden del 35% respecto a la producción actual, por lo tanto la recomendación es abordar un crecimiento de

la producción en la medida que no se hagan inversiones cuantiosas y basada en la infraestructura actual se mejore la eficacia productiva. Existe una relación que indica que por cada punto de crecimiento del PBI, el consumo del plástico aumenta 2 puntos porcentuales. El tiempo proyectado para el desarrollo de la explotación según la visión del proyecto es cinco años en los cuales está previsto un crecimiento del P.B.I. a no menos del 6% anual según los pronósticos de las principales agencias económicas que recoge el Instituto Peruano de Economía.

Las conclusiones del estudio de mercado son las siguientes:

- a. Asumiendo condiciones de crecimiento pesimista es posible poder participar en el mercado con una producción adicional de 33.3% respecto a la actual (450 Tn/mes), lo que hace que se podría ofrecer 600 Tn/mes en forma sostenible durante una proyección de tres años.
- b. Del mismo modo, asumiendo condiciones de crecimiento optimista es posible poder participar en el mercado con una producción adicional de 55.5% respecto a la actual (450 Tn/mes), lo que hace que se podría ofrecer 700 Tn/mes en forma sostenible durante una proyección de tres años

Dichas conclusiones están abaladas por el área comercial de la empresa Plásticos Rey S.A.C. en base a estadísticas de ventas y de desarrollo sostenible de las industrias que demandan el producto.

CAPITULO III

ESTUDIO TÉCNICO

3.1 INTRODUCCIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO

Teniendo en cuenta la recomendación que se desprende del estudio de mercado, el objetivo es alcanzar una producción que esté entre 600 Tn/mes a 700 Tn/mes, siendo la actual de 450 Tn/mes y dados los requerimientos de la Alta Dirección de la Empresa, que exige modificar los esquemas productivos recurriendo cada vez más al empleo de tecnologías de control disponibles que tienen como características su disponibilidad, su costo accesible, su fácil configuración, su confiabilidad y su operación segura, se hace necesario realizar el Estudio Técnico que tiene por objeto dar una solución de carácter tecnológico productivo de modo que se cumplan con los requerimientos de la política empresarial tanto en forma como en cantidad de producción.

Específicamente, el objetivo del presente estudio es sustentar la manera como se ha logrado técnicamente lo siguiente:

- a) La identificación del problema
- b) El planteamiento de la hipótesis
- c) El reconocimiento del proceso de manufactura estándar:
 - El conocimiento del proceso de extrusión
 - El conocimiento de la materia prima a emplear

- El conocimiento del proceso completo de producción de mangas de polietileno
 - El conocimiento de la calidad y variedad del producto a obtener
- d) El automatizado del control y de la puesta a punto del estado de producción de las mangas de polietileno:
- La configuración del sistema de accionamientos auxiliares: accionamiento manual, accionamiento automático y parada de emergencia
 - La automatización del control del nivel del material en la tolva
 - La automatización del control de temperaturas del tren del husillo
 - La automatización de la manera de fijar la presión y el caudal de alimentación del aire a la manga
 - La manera automatizada de verificar el diámetro de la manga
 - La configuración del sistema de supervisión y control usando PC
- e) La realización de los mantenimientos de las extrusoras y el establecimiento de los parámetros del control de calidad
- La realización del mantenimiento correctivo
 - La realización del mantenimiento preventivo
 - El establecimiento de los rangos de alarma para el mantenimiento predictivo
 - El establecimiento de los estándares del control de calidad durante el proceso de producción
- f) La estimación de los costos de los equipos a emplear y de los costos directos de producción.

3.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Luego de realizar un análisis situacional en planta, se encontraron los problemas que a continuación se mencionan:

- ¿Por qué no se ha modernizado la planta?
Los equipos son muy antiguos, muchos de ellos con más de 20 años.
No hay inversión en Investigación y Desarrollo.
No existe el fondo intangible de renovación de equipos.
Automatización de procesos virtualmente inexistente
No se realizan mantenimientos mecánicos adecuadamente.
- ¿Por qué no es buena la coordinación entre las áreas productivas?
Clima laboral insatisfactorio.
Falta de motivación del personal.
Falta de identificación de los trabajadores con la empresa.
Deficientes métodos de comunicación.
Cultura organizacional tradicional y débil.
Sistema de administración anticuado e ineficiente.
Falta de Capacitación del personal de planta y de ventas.
- ¿Por qué existe ineficiencia productiva?
Falta de un programa de producción riguroso y permanente
Alta tasa de reproceso de productos por reclamos
Incumplimiento de los pedidos de producción (15%).

Se ha observado, principalmente, que los problemas relevantes están relacionados con la carga de las tolvas, con la regulación de la presión y el caudal de alimentación para el soplado y con el control de la temperatura de los tornillos.

Al quedar desabastecida la tolva se sobrecalienta la máquina sopladora. El control de la temperatura del husillo del tornillo de extrusión que es manual demanda mucha atención del personal y no necesariamente se hace de la misma manera durante la producción. El otro problema es fijar el diámetro de la manga debido a la necesidad de controlar simultáneamente la presión y el caudal de aire necesario. Esta regulación también se hace manualmente.

Finalmente se identifica el problema de la siguiente manera:

¿Es posible automatizar el sistema de control del proceso de extrusión de mangas de polietileno de la planta de 450 Tn/mes, de modo que se aumente la producción en 33.3%?

3.3 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis queda planteada de la siguiente manera:

Es posible automatizar el sistema de control del proceso de extrusión de mangas de polietileno de la planta de 450 Tn/mes, de modo que se aumente la producción en 33.3%.

3.4 RECONOCIMIENTO DEL PROCESO DE MANUFACTURA ESTÁNDAR

3.4.1 El proceso de extrusión

Como en todos los sectores, en la industria de los plásticos se planifica la producción en función de las necesidades de los consumidores relativas al producto, precio, calidad y oportunidad.

Una vez que los detalles de los bienes a producir están totalmente definidos conjuntamente con el cliente, el pedido pasa al área de extrusión por ser el

primer paso de la cadena de transformación. El personal de extrusión estudia el pedido y programa las cargas de las máquinas extrusoras con los parámetros correspondientes y asignando las labores de control de la producción.

Una vez programada la extrusora, se comprueba la cantidad de elementos y los aditivos que ingresan al mezclado para obtener la materia prima que permita obtener las mangas de polietileno con el color necesario, con la calidad superficial apropiada y con la adecuada resistencia mecánica y térmica..

La granza y el pigmento se calientan en el inicio a temperaturas de fusión (110°C para baja densidad y entre 120 y 136°C para alta densidad), para volverlos moldeables. Luego el material sigue calentándose hasta alcanza una temperatura de soplado (210°C), al llegar a la hilera circular. En esta hilera se moldea el material en forma de tubo, el cual es sometido simultáneamente a un tiraje vertical, partiendo de un proceso de soplado en sentido transversal, creando un auténtico globo de plástico. Mediante una graduación en la temperatura de fusión, el soplado y el tiraje vertical se van conformando las características particulares del producto solicitado en cuanto a galga, diámetro, resistencia mecánica y térmica.

El material fundido que asciende debido a las fuerzas a las que está sometido, se convierte en un globo, que se va enfriando progresivamente hasta alcanzar la temperatura ambiente. Conforme el film se vaya enfriando se va recogiendo en forma de bobina obteniéndose así los rollos de película tubular.

En muchas ocasiones, el film es tratado con descargas eléctricas que oxidan la superficie del plástico y crean poros en el film de modo que la tinta se impregne y fije adecuadamente en el proceso posterior de impresión.

Luego de obtener las bobinas que contienen las mangas de polietileno, unas se comercializarán directamente y otras pasarán al área de flexografía para realizar las impresiones respectivas en la superficie del film y luego pasarlas al área de corte y sellado para obtener bolsas de medidas comerciales. En todos los casos los productos se embalan correctamente para protegerlas de golpes y polvo en el transporte y se preparan para ser entregadas al cliente.

El proceso de extrusión general de fabricación de productos derivados de las mangas de polietileno se presenta mediante la siguiente figura 3.1:

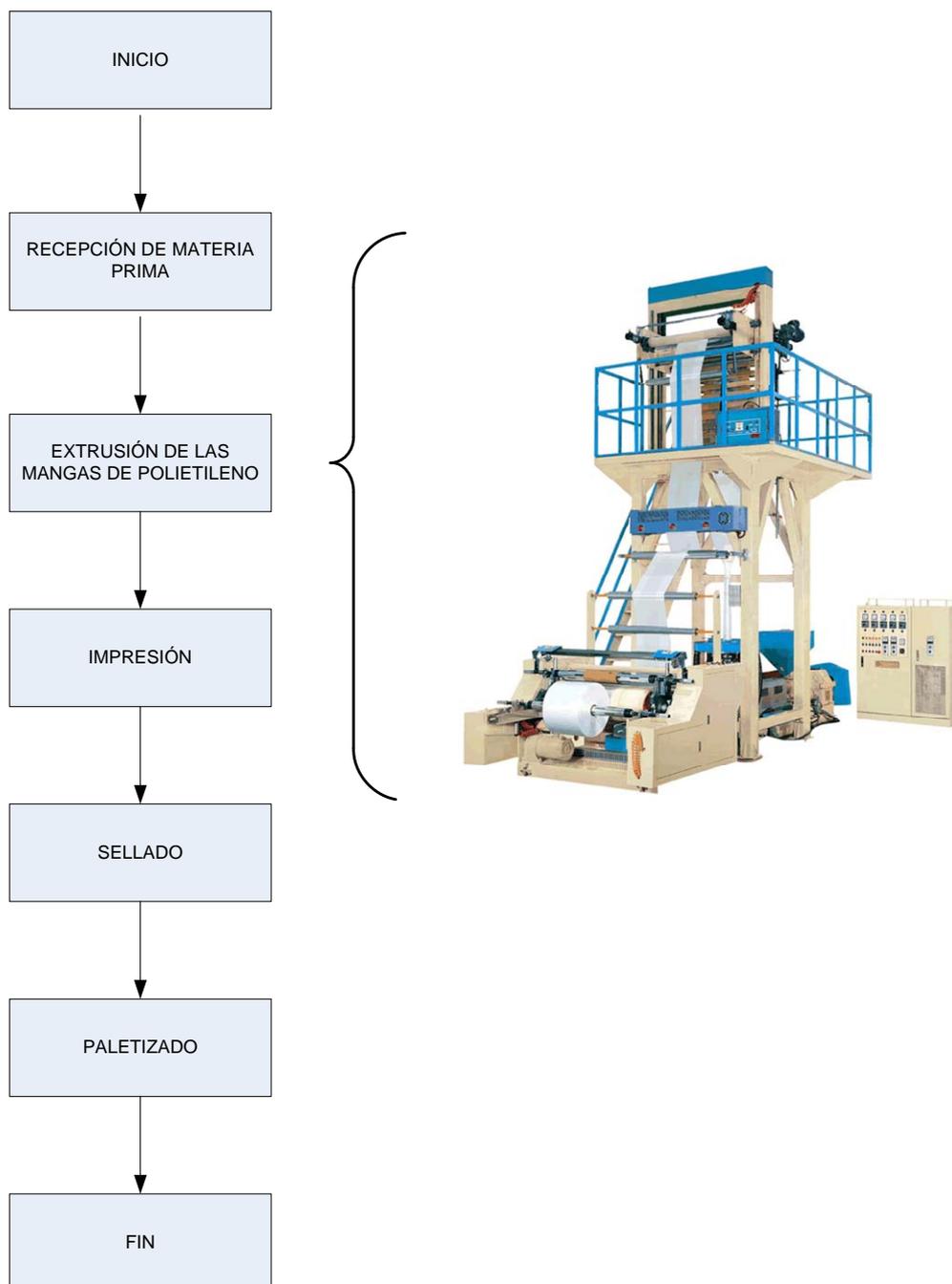


Figura 3.1 Proceso de producción de derivados de mangas de polietileno

3.4.2 La materia prima a emplear

Para los efectos del presente trabajo interesa conocer el polietileno.

El polietileno (PE) es un material termoplástico blanquecino, de transparente a translúcido, y es frecuentemente fabricado en finas láminas transparentes. Las secciones gruesas son translúcidas y tienen una apariencia de cera. Mediante el uso de tintes pueden obtenerse una gran variedad de productos coloreados.

Por la polimerización de etileno que es un monómero y cuya fórmula es: $H_2C = CH_2$, se puede obtener productos con propiedades físicas muy variadas. Estos productos tienen en común la estructura química fundamental $(-CH_2-CH_2-)_n$, y en general tienen propiedades químicas de un alcano de peso molecular elevado y se conocen como polímero.

Este material se creó para usarlo como aislamiento eléctrico, pero después ha encontrado muchas aplicaciones en otros campos, especialmente como películas o films y también en envases.

En general hay dos tipos de polietileno:

- De baja densidad (LDPE)
- De alta densidad (HDPE).

El de baja densidad tiene una estructura de cadena enramada, mientras que el polietileno de alta densidad tiene esencialmente una estructura de cadena recta.

El polietileno de baja densidad fue producido comercialmente por primera vez en el Reino Unido en 1939 mediante reactores autoclave (o tubular) necesitando para su obtención presiones de 14500 psi (100 Mpa) y una temperatura de unos 300 °C. El polietileno de alta densidad fue producido

comercialmente por primera vez en 1956-1959 mediante los procesos de Philips y Ziegler utilizando un catalizador especial. En estos procesos la presión y temperatura para la reacción de conversión del etileno en polietileno fueron considerablemente más bajas. Por ejemplo, el proceso Philips opera de 100 a 150 °C y 290 a 580 psi (2 a 4 MPa) de presión.

Sobre 1976 se desarrolló un nuevo proceso simplificado a baja presión para la producción de polietileno, el cual utiliza una presión de 100 a 300 psi (0,7 a 2 Mpa) y una temperatura de unos 100 °C. El polietileno producido puede describirse como un polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) y tiene una estructura de cadena lineal con ramificaciones laterales cortas, inclinadas.

Los termoplásticos pueden ser ablandados mediante calor, en repetidas veces y endurecidos mediante enfriamiento. Las resinas de polietileno son termoplásticas.

La estructura molecular de un plástico consiste de cadenas moleculares muy largas conformadas por unidades que se repiten, denominadas monómeros, enlazadas químicamente. En el campo de la Química se hace empleo del término polímero cuando se refiere al material plástico. Se muestra la representación de un monómero en la figura 3.2:

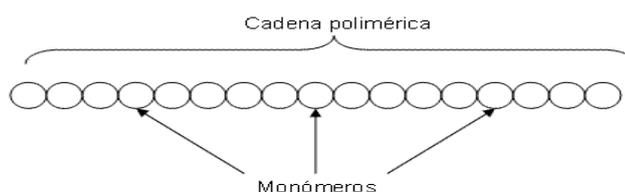


Figura 3.2 Estructura molecular de un monómero

proporcional al número de monómeros n , y por ende proporcional al tamaño molecular, o masa molecular relativa. El segundo es la forma de la molécula, que depende de la cantidad de ramificaciones laterales que tenga la cadena principal. Incluso pequeñas variaciones en el número de ramificaciones pueden causar cambios apreciables en las propiedades, por ejemplo, en el módulo elástico y en la tenacidad.

Cuando la cadena polimérica es única y no posee ramificaciones a los costados se habla de polímeros lineales, mientras que si presenta ramificaciones se habla de polímeros ramificados. Gráficamente se mostraría así:

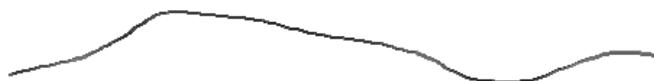


Figura 3.5 Molécula de polietileno lineal



Figura 3.6 Molécula de Polietileno Ramificado

A los materiales que presentan estructuras como las anteriores se les denomina termoplásticos, debido a que al sufrir aumentos de temperatura se reblandecen y llegan a fundirse. Otra clase de polímeros, denominados termofijos, no sufren reblandecimiento al ser calentados. Esto se explica

porque su estructura molecular consiste, ya no de cadenas, si no de redes o cadenas entrecruzadas, de tal manera que cuando se aumenta la temperatura, los entrecruzamientos no permiten que el material fluya.

Hay una vasta cantidad de monómeros que pueden formar cadenas poliméricas, en consecuencia hay una amplia variedad de materiales plásticos disponibles. Los polímeros resultantes están dentro de una de las dos categorías generales, polímeros de adición y polímeros de condensación, dependiendo del mecanismo de polimerización, es decir, de obtención de la cadena.

Cuando la cadena polimérica está conformada por un solo tipo de monómero se habla de homopolímeros, y si está conformada por más de un tipo de monómero se habla de copolímeros.

El Grado de Polimerización (n), indica cuantas unidades repetitivas se encuentran en un polímero, se suele indicar este número con una n al final de los corchetes que indican las unidades monoméricas.

No es posible indicar en la fórmula toda la cadena ya que la unidad se repite y puede alcanzar valores del orden de miles, ejemplo:

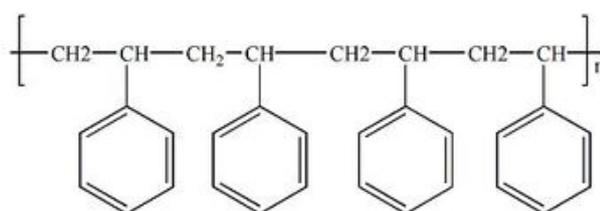


Figura 3.7 Grado de polimerización

Por convención, se indica una sola vez la unidad monomérica tal como se muestra en la siguiente figura:

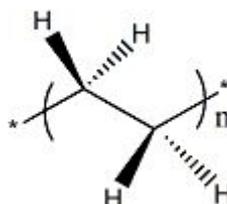


Fig.3.8 Unidad monomérica

El peso Molecular de un polímero depende de su grado de polimerización de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Peso Molecular}_{\text{polímero}} = n \times \text{Peso molecular}_{\text{monómero}} \quad 3.1$$

Esta ecuación resulta obvia si se tiene en cuenta lo indicado anteriormente.

El grado promedio de polimerización es generalmente utilizado, ya que los polímeros generalmente no presentan un grado constante sino que tienen una distribución de pesos moleculares y consecuentemente de grados de polimerización.

Las distribuciones más heterogéneas de grados de polimerización se obtienen a partir de polimerización por radicales libres, mientras que las más homogéneas provienen de la polimerización aniónica.

Las propiedades de las resinas de polietileno se deben principalmente, sino exclusivamente a tres propiedades moleculares básicas:

- i) Densidad
- ii) Peso molecular promedio; y
- iii) Distribución del peso molecular.

Estas propiedades básicas a su vez dependen del tamaño, estructura y uniformidad de la molécula de polietileno. Algunas de las propiedades que hacen del polietileno una materia prima tan conveniente para miles de artículos manufacturados son, entre otros pocos pesos, flexibilidad, tenacidad, alta resistencia química y propiedades eléctricas sobresalientes.

Con respecto a la densidad podemos decir lo siguiente:

Las resinas tienen una mezcla de áreas cristalinas y amorfas. Las cadenas moleculares dentro de las áreas cristalinas se acomodan aproximadamente paralelas unas a otras. En áreas amorfas se acomodan al azar. Esta mezcla de regiones amorfas y cristalinas es fundamental para la extrusión de buenos productos. Un termoplástico totalmente amorfo tendría apariencia de grasa y propiedades físicas deficientes; un polímero totalmente cristalino sería duro y quebradizo.

En los polímeros, el mayor grado de cristalinidad significa mayor densidad de las resinas de polietileno de alta densidad tienen cadenas moleculares con comparativamente pocas ramificaciones. Por consiguiente, las cadenas se agrupan más apretadamente, donde se tiene una cristalinidad de hasta 95 %.

Las resinas de polietileno de baja densidad generalmente tienen una

cristalinidad de 60 a 85%.

Las resinas de polipropileno son altamente cristalinas pero no muy densas.

Con respecto al peso molecular promedio podemos decir lo siguiente:

Los diferentes tipos de resinas que son usados en el proceso de extrusión están formados por cadenas de polímeros de muy variadas longitudes cada una de las cuales tienen su propio peso molecular y grado de polimerización.

Conforme aumenta el peso molecular promedio, aumenta la dureza de la resina. De la misma forma sucede con la resistencia a la rotura y la resistencia al resquebrajamiento bajo tensión ambiental (cuando la película es objeto de tensión en presencia de líquidos se produce el resquebrajamiento).

El peso molecular medio del termoplástico es la suma de fracciones en peso molecular medio de cada rango en particular, dividido por la suma de las fracciones en peso y está dado por la siguiente relación:

$$Mm = \sum \frac{(f_i \times M_i)}{f_i}$$

Donde:

Mm = Peso molecular medio del termoplástico

M_i = Peso molecular medio para cada rango de pesos moleculares

f_i = Fracción en peso del material con el peso molecular seleccionado

Con relación a los efectos de Variaciones de Distribución del Peso Molecular, se puede decir lo siguiente:

La distribución del peso molecular da una idea general sobre la proporción de las cadenas moleculares grandes, medianas o pequeñas de la resina. La distribución del peso molecular se considera estrecha si la resina está formada por cadenas de un largo cercano al promedio, y se considera amplia si la resina está formada por cadenas de longitud muy variada.

Las resinas de PE con una distribución del peso molecular estrecha son superiores en algunas propiedades esenciales, mientras que aquellas con una amplia distribución son mejores con respecto a otras propiedades.

La enorme competencia en el mercado de polietileno ha traído consigo más trabajos acerca de la modificación de polietilenos con propiedades específicas para aplicaciones determinadas. Son de esperar mejoras en propiedades parejas con determinados usos, a medida que se comprenda mejor la estructura de los diversos polímeros de polietileno y su relación con las propiedades físicas y químicas.

El análisis del polietileno (C, 85.7%; H, 14.3%) corresponde a la fórmula empírica $(CH_2)_n$, resultante de la polimerización por adición del etileno. La estructura de un polietileno típico difiere de la de un alcano de cadena recta en que es de cadena ramificada y contiene grupos olefínicos de tres tipos (por lo menos). Puede contener también otros grupos químicos derivados del catalizador usado en su fabricación o de impurezas en el etileno, pero éstas representan generalmente mucho menos de 0.1% en peso del polímero. La condición ramificada de la cadena del polímero influye profundamente en las propiedades físicas tanto del polietileno sólido como

del polietileno fundido. En consecuencia, las propiedades físicas que se indican más adelante se refieren no sólo a un intervalo de pesos moleculares, sino también a cierto tipo de polímeros de cadena ramificada. Variando las condiciones en que se realiza la polimerización, es posible variar el grado de ramificación entre límites amplios y producir gran número de tipos de polímeros. Como en la mayoría de los polímeros, una muestra normal tiene una distribución amplia de pesos moleculares, y el fraccionamiento del polietileno indica que una muestra de un peso molecular medio numérico de 15000 contiene material de peso molecular inferior a 1000 y también superior a 80000. Por otra parte, el examen infrarrojo de fracciones del polietileno normal muestra que el número de ligaduras dobles por molécula es aproximadamente el mismo para fracciones de peso molecular elevado y de peso molecular bajo y que la frecuencia de las cadenas laterales a lo largo de la molécula es independiente del peso molecular de la fracción.

Siempre es necesario tener algunos criterios de clasificación. Entre estos los polietilenos se pueden clasificar en tres categorías, la de baja densidad, la de mediana densidad y la de alta densidad: Tabla 3.1

Tabla 3.1 Rango de densidades por categoría

CATEGORÍA	DENSIDAD
Baja densidad	0,910 a 0,925 gr./cm ³
Mediana densidad	0,926 a 0,940 gr./cm ³
Alta densidad	0,941 a 0,965 gr./cm ³

Los polietilenos más densos son lógicamente más pesados, pero aún los artículos fabricados con los polietilenos de alta densidad flotarán en agua.

Esta es una ventaja para el moldeador pues le permitirá obtener más volumen por cada kilogramo de polietileno que usando cualquier otro plástico.

En la siguiente tabla se resume una relación cualitativa entre los tres tipos de propiedades de los polietilenos:

Tabla 3.2 Comparación relativa de propiedades del polietileno

DENSIDAD	BAJA 0,915 - 0,918	MEDIA 0,924	ALTA 0,929 - 0,938
Punto de ablandamiento		más elevado	Máximo
Resistencia al estiramiento		más elevada	Máxima
Resistencia a la tracción	Máxima	más elevada	
Elongación en rotura	Máxima	más elevada	
Rigidez		más elevada	Máxima
Resistencia a la contracción	Máxima	más elevada	
Resistencia a la deformación	Máxima	más elevada	
Resistencia al impacto	Máxima	más elevada	
Resistencia a la desgarradura		Máxima	Máxima
Resistencia a la fragilidad a bajas temperaturas	Máxima	más elevada	
Resistencia al cuarteo bajo tensiones ambientales	Máxima	más elevada	
Impermeabilidad a gases y líquidos		más elevada	Máxima
Resistencia a la absorción de grasas y aceites		más elevada	Máxima
Transparencia		más elevada	Máxima
Ausencia de opacidad		más elevada	Máxima
Brillo		más elevado	Máximo
Tiraje		más elevado	Máximo
Resistencia a la desgarradura en caliente		más elevada	Máxima
Resistencia al pegado entre sí y al molde		más elevada	Máxima
Ciclo de inyección		Menor	más corto

Las propiedades varían en función de la densidad tal como se indica en la tabla 3.3:

Tabla 3.3 Tres propiedades moleculares básicas.

PROPIEDADES FÍSICAS	BAJA DENSIDAD: Si se aumenta la densidad (Cristalinidad) entre 0,915 y 0,938	MEDIA DENSIDAD Si se aumenta el peso molecular promedio o se disminuye el índice de fusión	ALTA DENSIDAD Si se hace más estrecha la distribución del peso molecular
Viscosidad de la masa fundida	más elevada	más elevada	ligeramente mayor
Punto de ablandamiento	Mucho mayor	ligeramente mayor	ligeramente mayor
Resistencia Al estiramiento	Mucho mayor	ligeramente mayor	----
Resistencia a la tracción en rotura	Ligeramente menor	más elevada	ligeramente mayor
Elongación en rotura	Menor	más elevada	---- menor
Resistencia al escurrimiento	más elevada	ligeramente mayor	más elevada
Rigidez a la flexión	Mucho mayor	ligeramente mayor	----
Flexibilidad	Menor	----	----
Dureza	Mucho mayor	ligeramente mayor	----
Resistencia a la abrasión	más elevada	ligeramente mayor	----
Contracción	más elevada	más elevada	----
Deformación	Ligeramente mayor	más elevada	más elevada
Resistencia al impacto (Tenacidad)	Menor	más elevada	----
Resistencia a la fragilidad	Menor	ligeramente mayor	ligeramente mayor
Resistencia a la desgarradura	Depende del proceso de fabricación de la película y dirección de la rotura.		
Resistencia a la fragilidad a bajas temperaturas	Menor	más elevada	más elevada
Resistencia al cuarteo bajo tensión ambiental	Menor	más elevada	ligeramente mayor
Impermeabilidad a la absorción de grasas y aceites	Mucho mayor	ligeramente mayor	----
Transparencia	más elevada	Menor	----
Ausencia de opacidad	más elevada	Menor	----
Brillo	más elevada	Menor	----
Tiraje	Ligeramente mayor	Mucho menor	Menor
Resist. Al pegado entre sí y al molde	más elevada	ligeramente mayor	----
Propiedades eléctricas.	Ligeramente mayor	no afecta	no afecta

Sin embargo las relaciones entre estas tres propiedades moleculares básicas y otras propiedades físicas del PE no siempre son sencillas y claras. Otras características estructurales aparte de las tres nombradas, ejercen con frecuencia su influencia sobre las propiedades físicas de la resina. Las condiciones de operación pueden alterar la orientación (alineamiento) de las moléculas y por lo tanto afectar las propiedades macroscópicas de dicha resina.

- Con un incremento en la densidad se mejoran propiedades tan importantes como el punto de ablandamiento, impermeabilidad a gases y líquidos, claridad de la película (transparencia y ausencia de opacidad) y brillo, pero con perjuicio de la flexibilidad y tenacidad.
- Un aumento en el peso molecular promedio puede hacer a la resina más apropiada para usos en que se requiera mayor tenacidad. Un artículo fabricado con una resina de polietileno de mayor peso molecular promedio, tendrá mayor resistencia al cuarteo bajo tensión ambiental, o sea a cuartearse cuando es sometido a esfuerzos en presencia de líquidos tales como detergentes, aceites o solventes. Dado que la viscosidad (la propiedad de fluir más lentamente en estado de fusión) aumenta con el peso molecular, las resinas de PE de más alto peso molecular son más difíciles de extruir y, por lo tanto, requieren temperaturas más elevadas. Por otra parte, las resinas de PE de menor peso molecular se utilizan para aplicaciones tales como moldeo por inyección a menores temperaturas y ciclos más cortos.

- Las resinas de PE tienen una estrecha distribución del peso molecular son particularmente resistentes al cuarteo bajo tensión ambiental y a la fragilidad a bajas temperaturas.

Debido a que un número muy variado de resinas pueden ser producidas controlando las tres propiedades moleculares básicas mencionadas, el productor puede determinar la resina y las propiedades del producto terminado.

Es necesario mencionar el concepto de viscosidad de masa fundida de las resinas de polietileno. Esta se expresa generalmente por su índice de fusión (MELT INDEX) – MELT INDEX (MI) – ASTM - D1238.

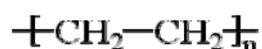
Esta propiedad de todos los fluidos describe el comportamiento del flujo a lo largo de trayectorias laminares en un tiempo dado. El instrumento de medida es el viscosímetro (reómetro) capilar que opera a presión constante sobre el fluido a ser medido. Se determina con él el llamado índice de fluidez (MELT INDEX), el cual está definido como la cantidad de material (en gramos) que fluye a través de un capilar en un tiempo de 10 minutos bajo condiciones estándar de temperatura (190° C) y presión. El dado capilar utilizado tiene una longitud (L) de 8.00 mm y un radio (R) de 1.05 mm.

Las resinas con mayor índice de fusión fluyen más fácilmente en caliente que aquellas con menor índice de fusión. Este índice se relaciona inversamente con el peso molecular promedio de la resina, así conforme el peso molecular aumenta, el MELT INDEX disminuye. Generalmente un

termoplástico con alto peso molecular tiene un MELT INDEX bajo y viceversa.

La viscosidad de la masa fundida es una propiedad muy importante ya que afecta el flujo del polímero fundido en la maquina. El flujo de la resina fundida aumenta con el incremento del MELT INDEX. Por consiguiente en los termoplásticos con menor MELT INDEX se requieren mayores temperaturas de extrusión.

La fórmula polietileno de baja densidad (PEBD) es la siguiente:



El PEBD es de mucha utilización en productos flexibles, tales como juguetes, botellas y envases para shampoo, bolsas, recubrimiento de cables, entre otros. Es uno de los plásticos de mayor consumo. Es un polímero de adición altamente ramificado con una cristalinidad del 60 al 70% de transparencia. Se produce también un polietileno lineal de baja densidad (LLDPE). Este es un copolímero de etileno y un comonomero alquílico ramificado. Es de bastante utilización en la fabricación de películas. En general, los PE son materiales de bajo costo, con excelentes propiedades dieléctricas y una resistencia química alta.

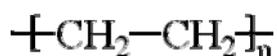
Como desventajas se pueden mencionar las siguientes: dilatación térmica muy alta, poca resistencia a la intemperie; sujeto al agrietamiento por tensión e inflamable.

La siguiente Tabla resume algunas propiedades generales importantes del PEBD.

Tabla 3.4 Propiedades del polietileno de baja densidad

PROPIEDAD (UNIDAD)	VALOR
Densidad (g/cm ³)	0.91 – 0.94
Absorción de agua (%)	0.01 – 1.5
Contracción lineal en el molde (%)	2 – 3
Índice del fundido, MI (g /10min)	0.33 – 92.1
ESCR (hrs)	1
Dureza Rockwell R	60
Shore D	41 – 60
Resistencia a la tracción (Mpa)	6.9 – 25
Resistencia a la fluencia (Mpa)	7.7 – 24.1
Elongación a la ruptura (%)	50 – 650
Elongación a la fluencia (%)	13 – 17.5
Módulo elástico (GPa)	0.139 – 0.35
Módulo a flexión (Gpa)	0.124 – 0.759
Módulo de Poisson	0.38
Resistencia al impacto, Izod (J/cm.)	No se rompe
HDT a 0.46 MPa (66 psi) (° C)	40 – 67
HDT a 1.8 MPa (264 psi) (° C)	23 – 52
Expansión lineal, 20 ° C (µm / m - ° C)	30 – 230
Punto de reblandecimiento Vicat (° C)	80 – 99
Temperatura de procesamiento (° C)	200 – 213
Resistencia a ácidos	Ácidos oxidantes
Resistencia a bases	Resistente
Resistencia a disolventes	Resistente a < 60 ° C

El polietileno de alta densidad (PEAD), tiene la siguiente fórmula:



Al igual que el PEBD, el PEAD es uno de los plásticos de mayor consumo volumétrico en el mundo. Es de mucha aplicación en envases soplados y piezas inyectadas que no tengan unos requerimientos mecánicos importantes. Es un polímero de adición lineal semicristalino. Por el hecho de ser lineal es más rígido y resistente que el PEBD. El PEAD es producido con pesos moleculares entre 200000 y 500000, pero también puede ser

obtenido con pesos mucho mayores. Los PEAD con pesos en el rango de tres a seis millones, son conocidos como polietilenos de ultra-alto peso molecular (UHMWPE). Debido a esto, los UHMWPE no fluyen, son termoestables.

A continuación se presentan algunas propiedades generales del PEAD.

Tabla 3.5 Propiedades del polietileno de alta densidad

PROPIEDAD (UNIDADES)	VALOR
Densidad (g/cm ³)	0.94 – 0.96
Absorción de agua (%)	0.01 – 1.5
Contracción lineal en el molde (%)	0.3 – 2
Índice del fundido, MI (g/10min)	0.1 – 90
ESCR (hrs)	50 – 3000
Dureza, Rockwell R	60 – 65
Shore D	55 – 69
Resistencia a la tracción (Mpa)	10 – 50
Resistencia a la fluencia (Mpa)	2.4 – 31.7
Elongación a la ruptura (%)	10 – 1500
Elongación a la fluencia (%)	6.9 – 15
Módulo elástico (GPa)	0.18 – 1.6
Módulo a flexión (Gpa)	0.179 – 1.7
Resistencia al impacto, Izod (J / cm.)	0.21 – 8.01
HDT a 0.46 MPa (66 psi) (° C)	60 – 104
HDT a 1.8 MPa (264 psi) (° C)	41 – 93
Dilatación térmica lineal, a 20 ° C (μm / m - ° C)	22 – 200
Punto de reblandecimiento Vicat (° C)	67 – 131
Temperatura de procesamiento (° C)	190 – 274
Resistencia a ácidos	Acid. Oxidantes
Resistencia a bases	Resistente
Resistencia a disolventes	Resistente por debajo de 60 ° C

3.4.3 Proceso de producción de mangas de polietileno

Se presenta la siguiente figura para mostrar el proceso de producción:

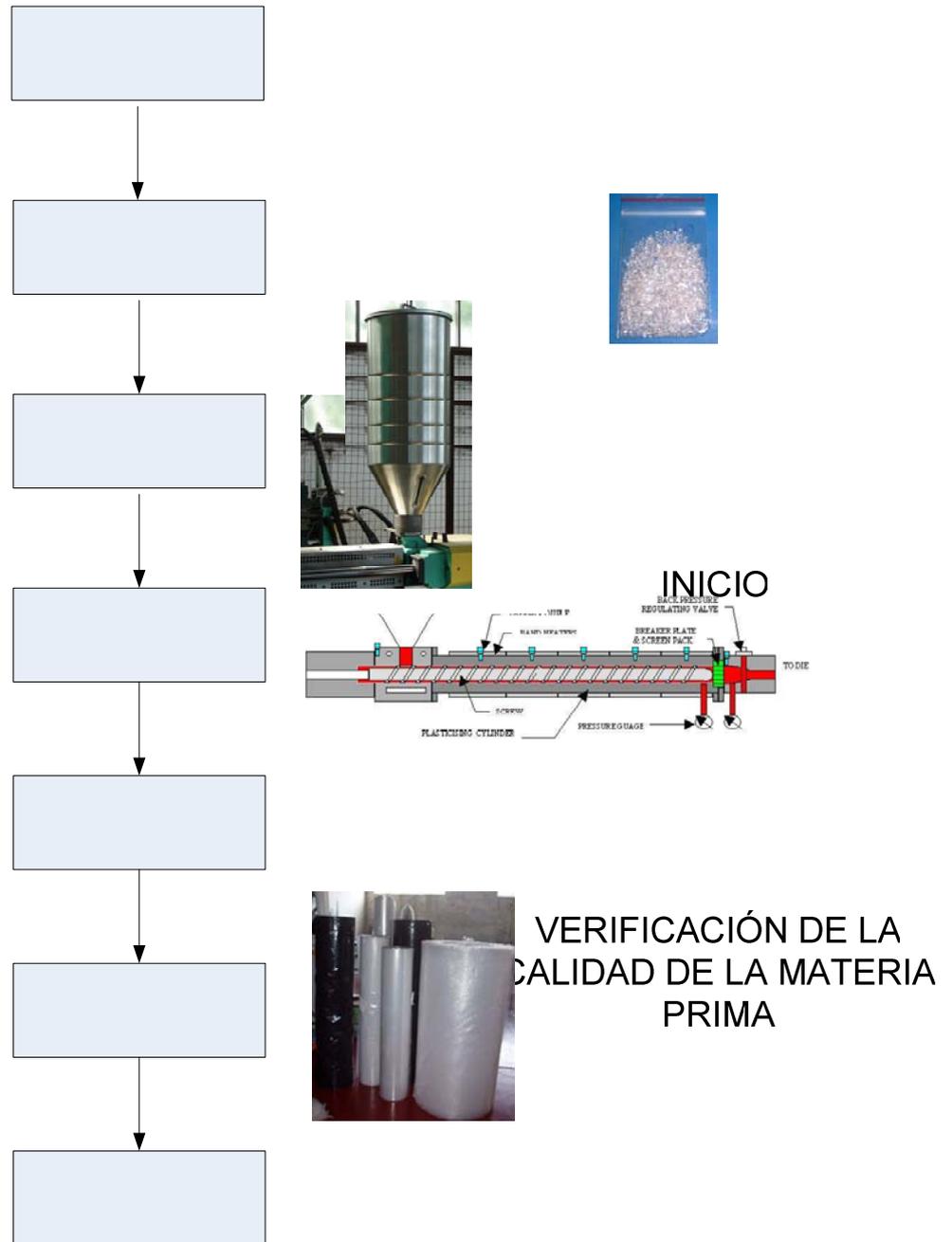


Figura 3.9 Proceso de producción de derivados de mangas de polietileno
ALIMENTACIÓN DE LA
TOLVA

3.4.4 Variedad y calidad del producto a obtener

Para poder presentar la variedad y calidad de los productos se muestra las siguientes tablas en las cuales se muestran los tipos, colores, cantidades producidas y costos de materias primas:

Tabla 3.6 Tipos de productos

TIPO		NORMA	RANGO DE ESPESOR
A	MANGAS DE BAJA DENSIDAD	ASTM D1238 ASTM D792	0.55 μm a 5 μm
B	MANGAS DE ALTA DENSIDAD	ASTM D1238 ASTM D792	0.28 μm a 0.80 μm

Tabla 3.7 Colores de las mangas

TIPO		COLORES	PORCENTAJE RELATIVO DE PRODUCCIÓN
A	BAJA DENSIDAD	Cristal natural	48%
B	ALTA DENSIDAD	Cristal Natural Rojo Amarillo Verde Azul	48% 1% 1% 1% 1%

Tabla 3.8 Cantidad actual de producción

RANGO	RANGO ANCHO DE MANGA	CANTIDAD TOTAL Tn/mes	PORCENTAJE	PRODUCCIÓN Tn/mes			
				BAJA DENSIDAD		ALTA DENSIDAD	
				CANTIDAD TOTAL Tn/mes	PORCENTAJE	CANTIDAD TOTAL Tn/mes	PORCENTAJE
I	2" A 5"	85.5	19.00%	16.245	19%	69.255	81%
II	5" A 15"	85.5	19.00%	16.245	19%	69.255	81%
III	15 A 40"	117.0	26.00%	30.42	26%	86.58	74%
IV	40 A 80"	162.0	36.00%	58.32	36%	103.68	64%
	Total producción mensual	450	100.00%	121.23		328.77	

Tabla 3.9 Costos del polietileno

RANGO ANCHO DE MANGA	COSTO DE MATERIA PRIMA \$/mes						COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA \$/mes
	BAJA DENSIDAD			ALTA DENSIDAD			
	CANTIDAD TOTAL Tn/mes	COSTO UNITARIO DE MATERIA PRIMA \$/Tn	COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA \$/mes	CANTIDAD TOTAL Tn/mes	COSTO UNITARIO DE MATERIA PRIMA \$/Tn	COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA \$/mes	
2" A 5"	31.4	2100.00	65,909.03	135.1	1600.00	216,183.6	282,092.63
5" A 15"	31.4	2100.00	65,909.03	135.1	1600.00	216,183.6	282,092.63
15 A 40"	26.4	2100.00	55,363.58	73.5	1600.00	117,658.2	173,021.81
40 A 80"	6.0	2100.00	12,520.97	10.7	1600.00	17,100.2	29,621.18
Total producción mensual	95.1	2100	199,702.60	354.5	1600	567,125.6	766,828.24

Adicionalmente se necesita colorante, aditivo y se produce una merma lo que significa considerar costos adicionales los cuales se muestran a continuación:

Tabla 3.10 Distribución de costos totales mensuales de materia prima

Nº	CONCEPTO	COSTO TOTAL MENSUAL (\$/mes)
1	Polietileno baja densidad	199,702.60
2	Polietileno alta densidad	567,125.64
3	Colorantes*(rojo, amarillo, verde y azul) 250 kg de c/u	5,642.50
4	Aditivos (1% costos polietileno + colorantes)	7,724.71
5	Merma (9.77% de la suma de los 4 ítems anteriores)	75,470.39
	Total (\$/mes)	855,665.84

*Costos por kilogramo de los colorantes: rojo (5.96), amarillo (5.35), verde (5.09), azul (6.17)

Considerando que se producen 450000 kg/mes a un costo total de materia prima de 855 665.84 \$/mes, resulta que el costo unitario de materia prima es 1.9015 \$/kg.

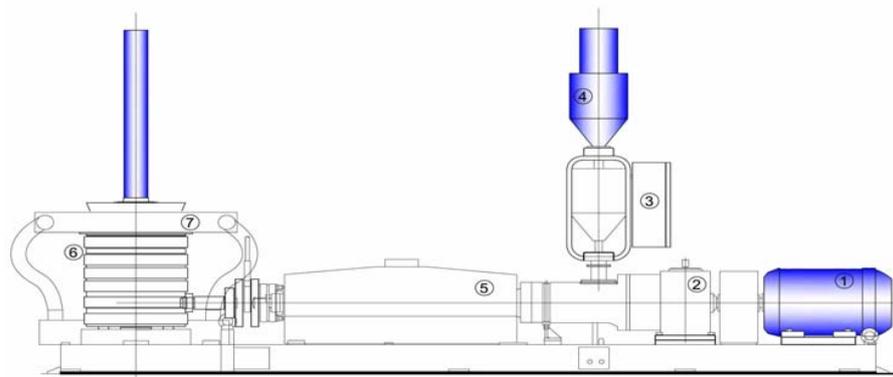
3.5 RECONOCIMIENTO DE LA MÁQUINA EXTRUSORA

A efectos de conocer una máquina extrusora presentamos una de marca MaqtorF40 de fabricación argentina, modelo F40 cuyas especificaciones se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 3.11 Especificaciones de la extrusora marca Maqtor, modelo F 40.

CARACTERISTICAS	TIPO DE MAT.	HDPE-LDPE-LLDPE	
	ANCHO MAX. DE FILM	mm.	800/1000
	ESPESOR DE FILM	mm.	0.010-0.200
	PRODUCCIÓN MAX.	Kg / hr.	60
EXTRUSOR	DIÁMETRO DEL TORNILLO	mm.	40
	RELACION L/D		30:1
	POTENCIA DE MOTOR	HP	20
	POTENCIA DE CALEFACCIÓN	kW	8
CABEZAL	TIPO	FLUJO CENTRAL GIRATORIO	
	DIÁMETRO DE BOQUILLA	mm.	80-120
ENFRIAMIENTO	POTENCIA DE TURBINA	HP	3
UNIDAD DE TIRO	TIPO		ALTURA REGULABLE
	POTENCIA DE MOTORES	HP	0.75
UNIDAD DE BOBINADO	TIPO	BOBINADOR DOBLE SUPERPUESTO	
	POTENCIA DE MOTORES	HP	0.75
TABLERO	ZONAS		5

Esquemáticamente podemos presentar a dicha extrusora como sigue:



- (1) Motor
- (2) Reductor
- (3) Tablero de control
- (4) Tolva
- (5) Cilindro + husillo
- (6) Cabezal
- (7) Anillo de aire

Figura 3.10 Esquema de extrusora

Las partes indicadas cumplen las siguientes funciones:

El motor mueve el tornillo extrusor transmitiendo el torque al reductor que está acoplado a dicho tornillo para reducirle la velocidad de giro.

El tablero de control permite fijar las temperaturas a lo largo del tornillo extrusor.

La tolva sirve de depósito de la materia prima a ser extruida.

El cilindro permite fijar los soportes del tornillo y a la vez sostener las cámaras de calentamiento del material. También posee las chaquetas de agua que sirven para su refrigeración.

El cabezal permite obtener la forma de la película a extruir, tanto en espesor como en diámetro.

El anillo de aire sirve para refrigerar el globo extruido.

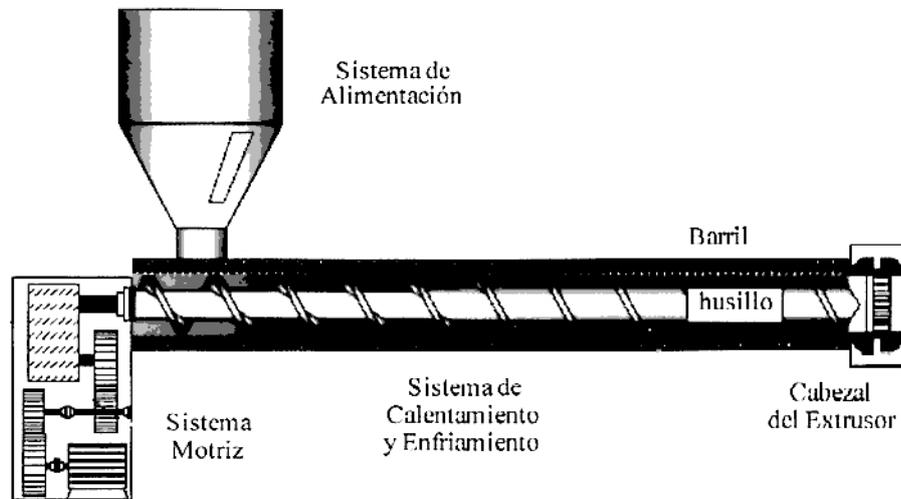


Figura 3.11 partes del extrusor

1) EL SISTEMA MOTRIZ

- Motor
- Reductor de velocidad
- cojinete

La fuerza sobre el cojinete se calcula multiplicando la presión del plástico, en la punta del husillo, por el área de la sección transversal del husillo. Por ejemplo: un

husillo de 8.9 cm de diámetro (área = $\frac{\pi * D^2}{4} = 62 \text{ cm}^2$), operando a una

presión de $352 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ en el extremo de salida, genera una fuerza hacia atrás de 62

$$\text{cm}^2 * 352 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 21,824 \text{ Kg}.$$

En la figura 3.12 se muestra el cojinete.

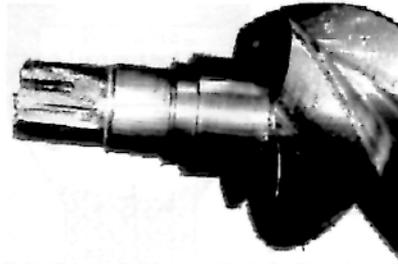


Figura 3.12 El cojinete

2) EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Es el reservorio encargado de la alimentación de la resina a la extrusora. Aunque muy sencillo su diseño, este resulta de suma importancia; la tolva es el componente de la línea de extrusión de mayor simpleza pero no por esto su diseño debe menospreciarse. La fase de alimentación repercute directamente en la efectividad del proceso. Una alimentación inapropiada puede ocasionar mermas en la productividad de la línea, generadas por inestabilidades en el flujo. Generalmente, el volumen de la tolva debe ser proporcional a la capacidad de producción de la extrusora garantizando en todo momento una alimentación constante. Como regla práctica el diámetro de salida de la tolva suele tener un ancho equivalente al diámetro del tornillo de la extrusora, y un largo de 1.5 a 2.0 veces el diámetro. La mayor parte de las tolvas de alimentación incluyen una trampa magnética; la cual no es más que una rejilla formada por barras imantadas. Esta trampa se coloca con el propósito de impedir el paso al tornillo de elementos metálicos que puedan dañarlo, como por ejemplo: grapas, tuercas, tornillos, arandelas, etc. En la figura 3.13 se muestra el sistema de alimentación.

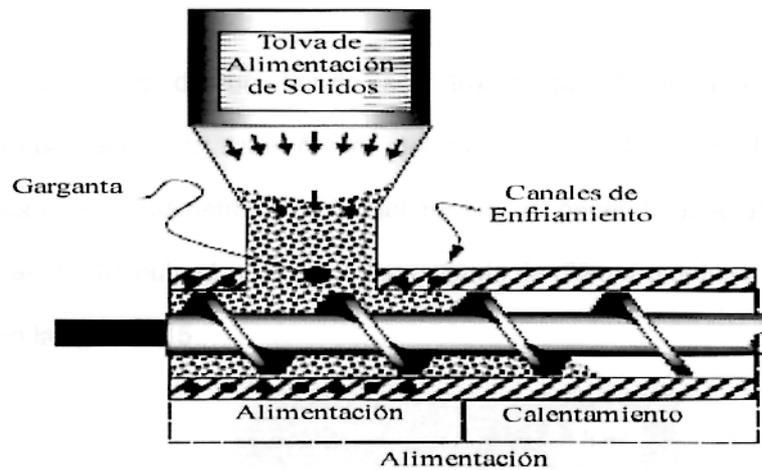


Figura 3.13 sistema de alimentación

3) EL HUSILLO Y BARRIL

Barril: Es un tubo metálico, cuya pared está diseñada para operar normalmente a presiones hasta de 10,000 psi, o sea 700 kg/cm^2 ; aunque algunos están diseñados para soportar hasta 20,000 psi. La mayoría de los barriles están equipados con un disco de seguridad.

Los barriles tienen un recubrimiento (un "liner") bimetálico de $1/10"$ de espesor en la superficie en contacto con el plástico. El resto es acero de alta resistencia como se muestra en la figura 3.14



Figura 3.14 el barril

Husillo:

Husillo: Las funciones de un husillo son transportar, fundir y mezclar el plástico, y debe tener giro libre dentro del barril: El claro entre el diámetro interno del barril y el diámetro externo del husillo es generalmente de 0.003 a 0.005 pulgadas (0.001 pulgadas de claro por pulgada de diámetro del husillo), como se muestra en la figura 3.15

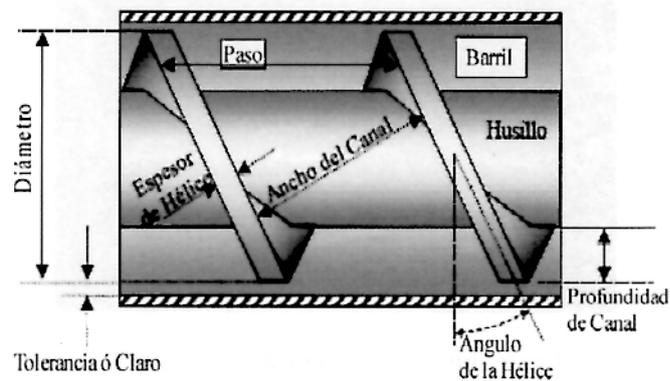


Figura 3.15 husillo

Secciones ó Zonas Funcionales se muestran en la figura 3.16:

- Alimentación: Transporte de Sólidos
- Transición ó compresión: Plastificación ó fusión del plástico
- Bombeo ó Dosificación: Transporte de plástico fundido

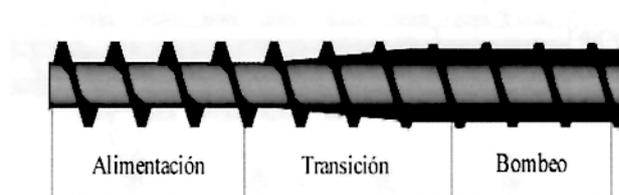


Figura 3.16 Zonas Funcionales

4) EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO

Sistema de Calentamiento se muestra en la figura 3.17:

El barril está rodeado por resistencias eléctricas para calentar la máquina y el plástico durante el inicio de operaciones y controlar la temperatura durante la operación.

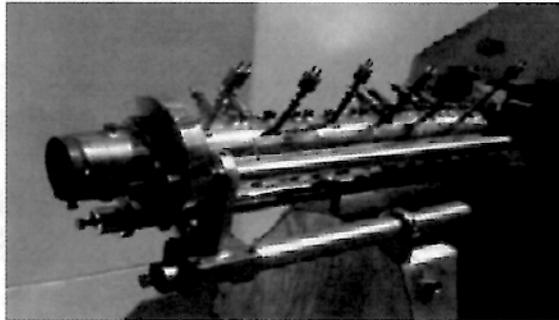


Figura 3.17 sistema de calentamiento

Sistema de Enfriamiento se muestra en la figura 3.18:

El barril está rodeado abanicos, líneas de agua ó líquido de enfriamiento. Con altas producciones y husillo de mayor diámetro, se puede alimentar líquido de enfriamiento por el interior del mismo.

Es necesario para tener un mejor control de temperatura

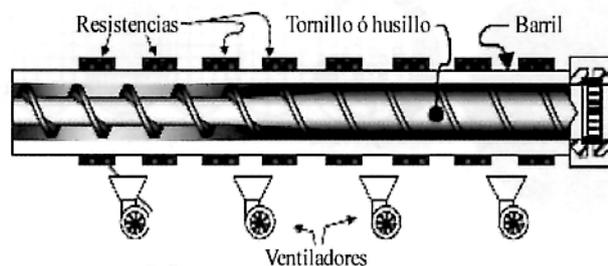


Figura 3.18 sistema de enfriamiento

5) EL SISTEMA DE FILTRACIÓN

Cabeza del extrusor y dado:

Al final del extrusor continúa el dado, están unido mediante un adaptador con un plato rompedor: Que homogeniza la temperatura, endereza el flujo y soporta el paquete de mallas de filtración como se muestra en la figura 3.19.

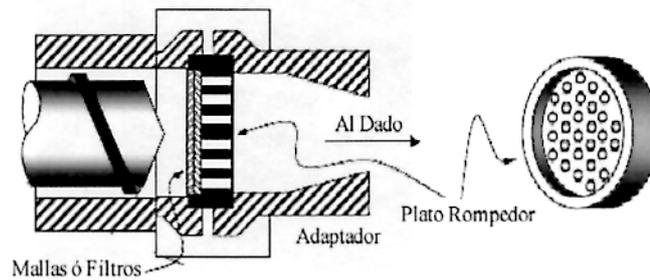


Figura 3.19 adaptador

Mallas de Filtración Son telas metálicas como se muestran en la figura 3.20

- Filtran geles, grumos, u otras partículas del plástico fundido
- Incrementan la presión en el extremo del dado, para un mejor mezclado

Cuando se tapan, se reduce la producción y aumenta la presión.

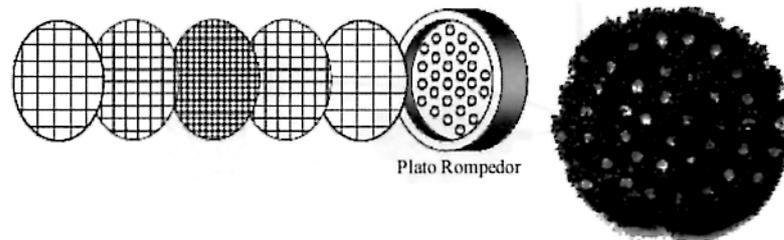


Figura 3.20 mallas metálicas

6) EL DADO

Dado es el accesorio colocado al extremo final del extrusor y le imparten la forma final al plástico extruido en un producto deseado. Se tienen dados para hacer lámina, película, tubo, manguera, recubrimiento de cable, etc. En la figura 3.21 y 3.22 se muestran los dados del extrusor y la película soplada respectivamente.

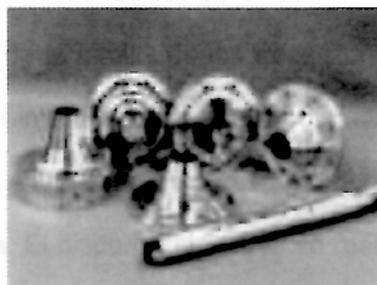


Figura 3.21 dados del extrusor

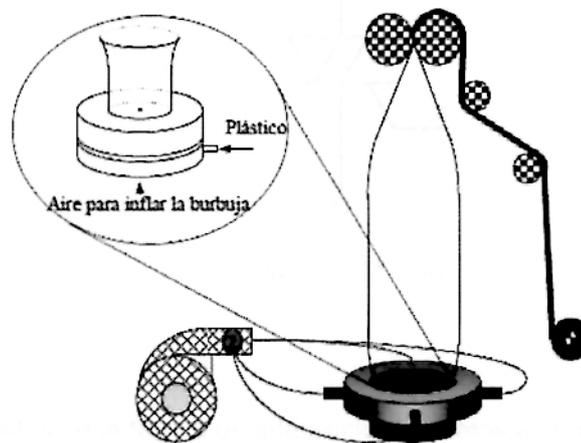


Figura 3.22 película soplada

3.5.1 Configuración del sistema de accionamientos auxiliares:

Automatizar las extrusoras requerirá considerar los siguientes aspectos:

El sistema de control tendrá tres interruptores que gobernarán el accionamiento manual, el accionamiento automático y la parada de emergencia.

Un componente que se utilizarán es el Triac, que es un dispositivo semiconductor, de la familia de los transistores. El TRIAC es bidireccional. El TRIAC es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna. Posee tres electrodos: A1, A2 (en este caso pierden la denominación de ánodo y cátodo) y puerta. El disparo del TRIAC se realiza aplicando una corriente al electrodo puerta.

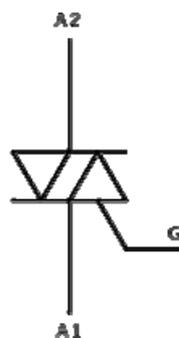


Figura 3.11 Triac

En las salidas de la tarjeta de adquisición de datos a la que denominaremos DAQ, se instalarán optotriacs para aislar las señales de control de las de potencia.

Un optotriac está compuesto por un led que se activa al recibir una señal tipo TTL y un fototriac, que se activa al recibir la luz del diodo. Al estar

unidos, trabajan como un relé. Cuando la señal de entrada polariza en directo al led, la luz emitida por el diodo provoca que el triac conduzca la corriente. Como no existe conexión eléctrica entre el diodo emisor de luz y el fototriac, se obtiene un aislamiento eléctrico entre el transmisor y el receptor, que es la ventaja relevante de este tipo de interfaz.

En la siguiente figura se muestra los componentes de un optoacoplador tipo triac acondicionado para manejar una carga:

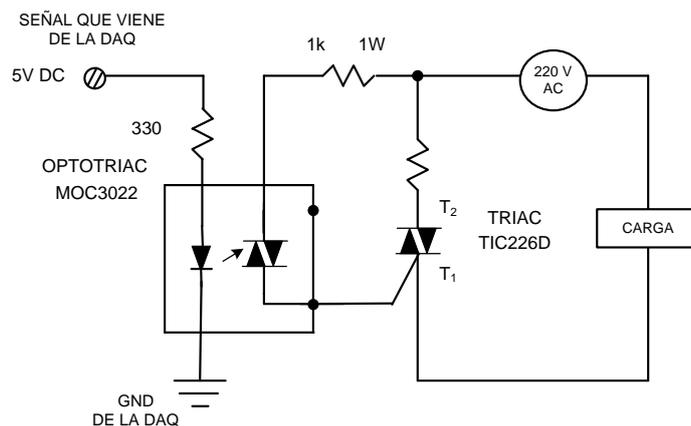


Figura 3.12 Conexión de control y potencia compuesta por un optotriac y triac

Las cargas que activarán los triacs serán las siguientes:

- Bobina del contactor de accionamiento manual
(Marca: Sprecher + schuh, modelo CA7-110)
- Bobina del contactor de accionamiento automático
(Marca: Sprecher + schuh, modelo CA7-110)
- Bobina del contactor de accionamiento de emergencia
(Marca: Sprecher + schuh, modelo CA7-110)
- Bobina del contactor de accionamiento del compresor

(Marca: Sprecher + schuh, modelo CA7-72)

- 04 bobinas de contactores de 04 resistencia de calentamiento

(Marca: Sprecher + schuh, modelo CA7-37)

- Bobina del contactor de accionamiento de alarmas de falta de material en la tolva.

(Marca: Sprecher + schuh, modelo CA7-9)

En los anexos se encuentran las especificaciones de cada contactor mencionado.

El controlador principal será una computadora Lap top con procesador Intel Core™ 2 Duo, con Windows Vista, 250 GB de capacidad en el disco duro/ 5400 RPM SATA, 2048 MB de memoria, 667 Mhz DDR2, DVD+-RW con lightscribe, grabadora y reproductora de CDs y DVDs.

El software que se utilizará será el LabVIEW en su versión 9.

El software LabVIEW permite contar con un entorno de programación gráfica para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo. Ofrece la facilidad de realizar integración con los distintos dispositivos de hardware y brinda bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos, todo para crear instrumentación virtual. La plataforma LabVIEW es escalable a través de múltiples sistemas operativos, es un software industrial de mucha confiabilidad.

La programación se hará con bloques de función gráficos y de clic-y-arrastre en lugar de escribir líneas de texto.

Se desarrollará y mantendrá comprensible el código fuente con una representación intuitiva sobre el diagrama de flujo del programa.

Se puede conectar fácilmente cualquier instrumento o sensor con bibliotecas integradas así como los controladores de los instrumentos.

El software LabVIEW permite el desarrollo y la reutilización del código con Windows, Mac, Linux y SOs en tiempo real como VxWorks.

También tiene la arquitectura para conectar varias arquitecturas embebidas, incluyendo microcontroladores ARM y FPGAs, con el mismo enfoque gráfico. Esto permite en el futuro adaptar versiones mejoradas de programación y configuración específica.

Incorpora modelos adicionales de cómputo como diagramas de simulación dinámica y gráficos de estado.

Puede trabajar más rápido con grandes juegos de datos y algoritmos complejos porque LabVIEW se ejecuta en múltiples hilos.

El más importante aspecto del LabVIEW es que desde un inicio se puede optimizar el código fácilmente para realizar ejecución paralela usando herramientas integradas para depuración y visualización. Gracias a esta característica es que se han realizados pruebas preliminares sobre las facilidades que se tienen para obtener las curvas características de los sensores.

Se dispone de funciones específicas para calcular, acondicionar entradas y salidas y programar con facilidad.

Se realiza interacciones con las medidas y se realiza análisis en línea en tiempo real con señales adquiridas y emitidas.

Interactúe con datos usando controles de clic-y-arrastre así como gráficas.

Se podrá personalizar fácilmente la posición, el tamaño y el color de los controles integrados o creados

La tarjeta a utilizar es de marca National Instrumes tipo DAQ-USB modelo NI-6251, cuyas características se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.12 Características de la tarjeta DAQ-USB seleccionada

Nº	CARATERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
1	Bus	USB
2	Entradas analógicas	16
3	Resolución en bits	16
4	Ratio máximo (muestras/segundo)	1.25 M
5	Salidas analógicas	2
6	Resolución de las salidas analógicas (bits)	16
7	Máximo ratio (muestra/segundo)	2.86 M
8	Rango (V)	-10 a +10
9	I/O digital	24
10	Clocked DIO	8 a 1 MHz
11	Contadores	2
12	Resolución (bits)	32

Dicha tarjeta es de uso industrial

La configuración de la tarjeta DAQ se hará con el software National Instruments Measurement & Automáticos Explorer versión 4.6.

La integración es perfecta mediante dispositivos plug-and-play para el puerto USB.

Dicha tarjeta permite es de fácil configuración e instalación, es muy confiable, rápida. Cumple con los requerimientos exigidos por el diseño propuesto.

La tarjeta de adquisición DAQ NI 6251 es compatible con el puerto USB 2.0. Existen tres clasificaciones de velocidad en USB 2.0: baja velocidad (razón de transferencia de 1.5 Mb/s), velocidad completa (12 Mb/s) y Hi-Speed (480 Mb/s). Los dispositivos USB de adquisición de datos utilizan modos de operación Hi-Speed y velocidad completa. Los dispositivos de velocidad completa compatibles con USB 2.0 también funcionan con anfitriones USB 1.1 sin disminución de razón de transferencia. Sin embargo, los dispositivos USB 2.0 están limitados en velocidad al usarse con un servidor USB 1.1 o un hub USB 1.1.

La especificación de USB limita la distancia entre su PC y un dispositivo o hub a 5 m. Al usar el máximo de cinco hubs, se puede alcanzar una distancia de hasta 30 m.

Las aplicaciones de medida y control con frecuencia involucran entornos con voltajes peligrosos, señales transitorias, voltajes de modo común y diferencias en potenciales de tierra, capaces de dañar sistemas de medidas y de arruinar la precisión de las medidas. El aislamiento separa eléctricamente y ofrece muchos beneficios incluyendo protección para el usuario y el equipo,

mejor inmunidad al ruido, eliminación de lazos de tierra y mayor rechazo de voltaje de modo común.

La tarjeta de adquisición DAQ NI 6251 está certificada por UL y CE, y todos los dispositivos aislados están clasificados en base a pruebas rigurosas de sus respectivas categorías de medida. Los productos aislados de adquisición de datos de NI cumplen con los requerimientos de espacio y con las pruebas de resistencia a alta potencia, requeridos para una certificación adecuada.

National Instruments Measurement & Automation Explorer versión 4.6, permite como se indicó configurar la tarjeta DAQ. A efectos de presentar la forma como se sustenta la manera como configurar los puertos se hará a continuación la presentación siguiente. Se ha utilizado en este caso la DAQ 6008 debido a que se ha dispuesto de una ellas para realizar pruebas de consistenciado y es similar a que se usará en el proyecto en cuanto a la manera de configurarlas.

Al arrancar el **Measurement & Automation Explorer** aparece la siguiente ventana como se muestra en la figura 3.13:



Figura 3.13 Ventana principal de configuración de la DAQ

Se selecciona el ícono de **Devices and Interfaces** y luego **NI-DAQmx Devices**, aparecerá la siguiente ventana, para este fin se necesita un modelo de desarrollo en base a la tarjeta NIDAQ USB 6251 se podrá aumentar la velocidad de muestreo y se evitará incurrir en la disminución de errores sistémicos

La figura 3.14 nos muestra la ventana de selección del componente

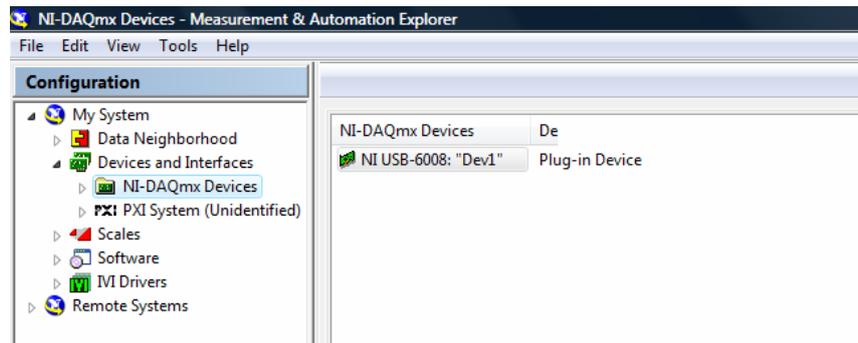


Figura 3.14 Ventana de selección del componente

Para que así ocurra, la tarjeta debe estar instalada en el puerto USB.

Luego de hacer doble click en el ícono NI USB-6008: "Dev1", aparecerá la siguiente ventana en la que aparece el número de serie de la DAQ que se ha instalado como se muestra en la figura 3.15:

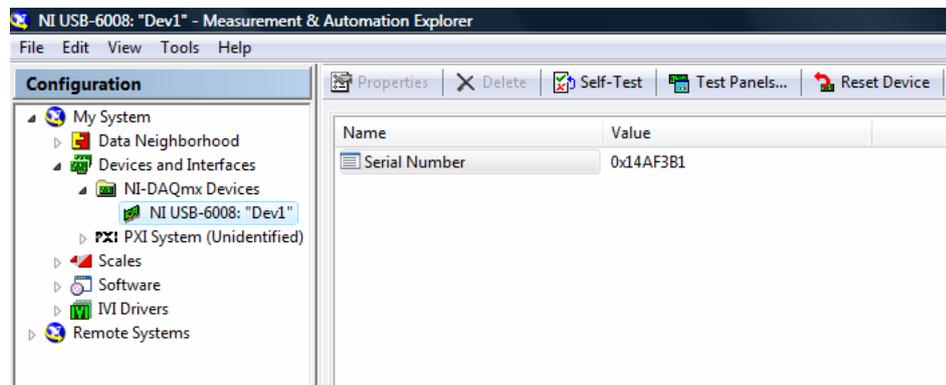


Figura 3.15 Ventana principal de consistenciado de serie

Aquí se selecciona el ícono **Test Panels** y aparecerá la siguiente ventana:

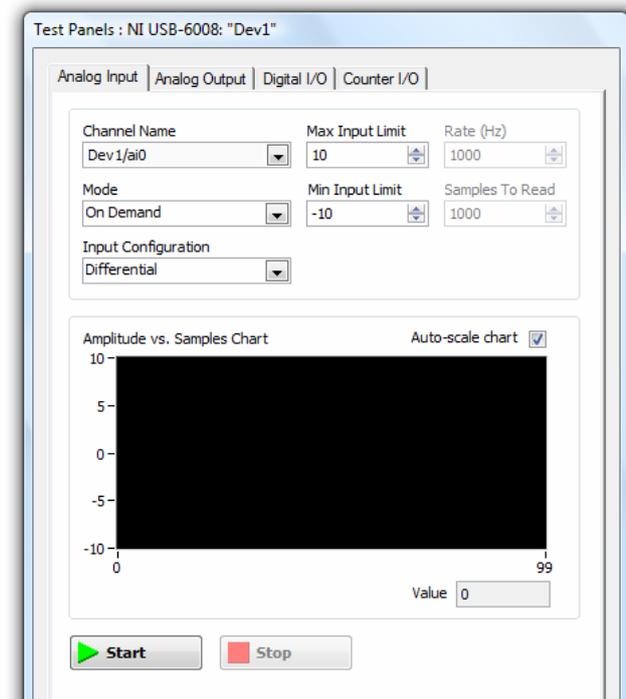


Figura 3.16 Ventana de alternativas de entrada

Podemos observar que existe la posibilidad de abrir las siguientes ventanas que permiten su configuración:

- Analog Input
- Analog Output
- Digital I/O
- Counter I/O

Al seleccionar la alternativa Analog Input e instalar un sensor, en este caso en el ai0, se observará el nivel de la señal que ingresa en ese momento tal como se muestra en la siguiente figura 3.17:

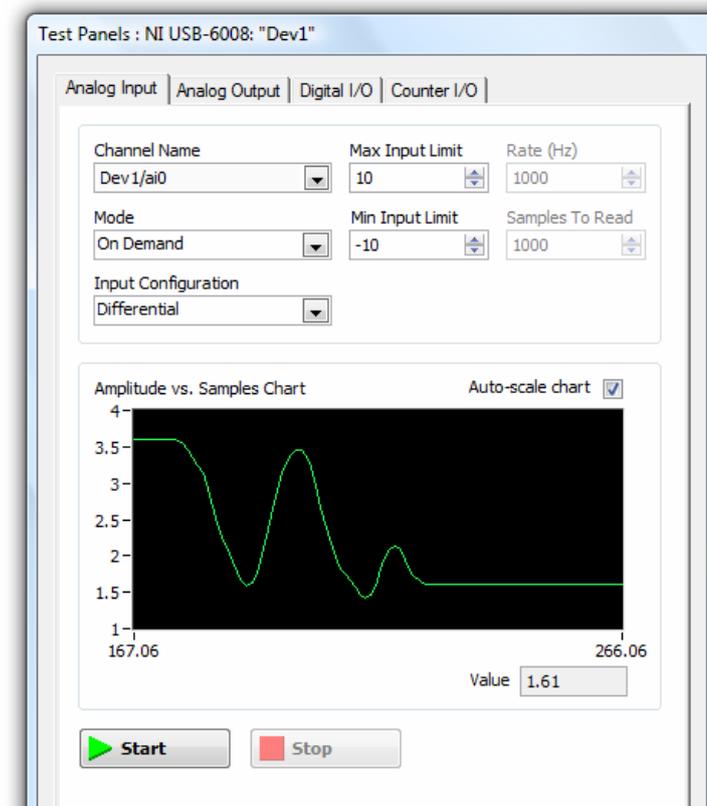


Figura 3.17 Ventana de configuración de entradas analógicas

Obsérvese que en esta ventana se configura el pin del puerto por donde ingresará la señal analógica, los límites de los voltajes de entrada, el modo y la configuración del input.

Del mismo modo al seleccionar el ícono **Analog Output** aparecerá la siguiente ventana como se muestra en la figura 3.18::

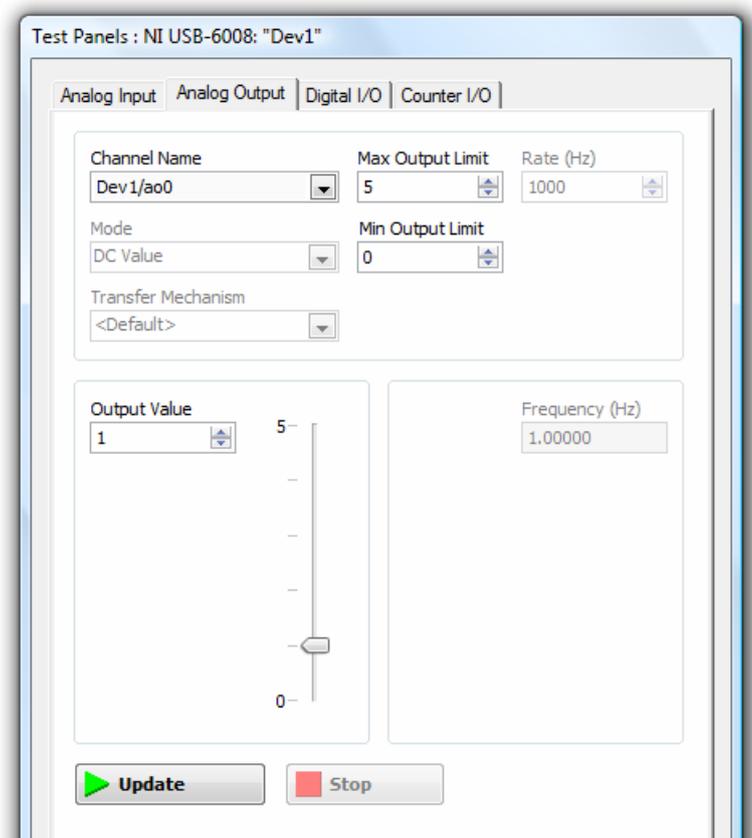


Figura 3.18 Ventana de configuración de inputs analógicos

Es esta ventana aparece el pin del puerto que se quiere configurar, el cual se puede configurar. Aquí se puede fijar el mínimo y el máximo del voltaje que se quiere sacar y por supuesto el voltaje que se quiere enviar hacia la tarjeta. Moviendo el cursor obtendremos el valor de la señal que se sacará por el pin seleccionado la cual puede medirse con un multímetro al presionar el botón Update. De este modo queda configurada y probada la comunicación correspondiente.

Si se selecciona el ícono Digital I/O aparecerá la siguiente figura 3.19:

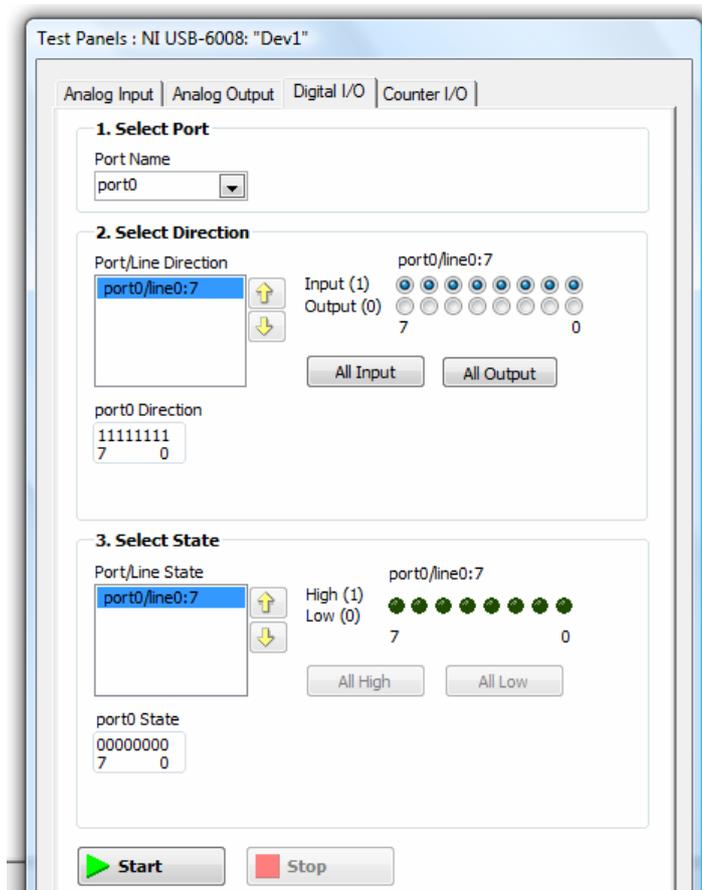


Figura 3.19 Ventana de configuración de inputs y outputs digitales

En esta ventana se pueden configurar si los puertos digitales trabajarán como entrada o como salida.

Si por ejemplo en el port0, se selecciona el pin 0 como output, la ventana cambiará a la siguiente forma como se muestra en la figura 3.20:

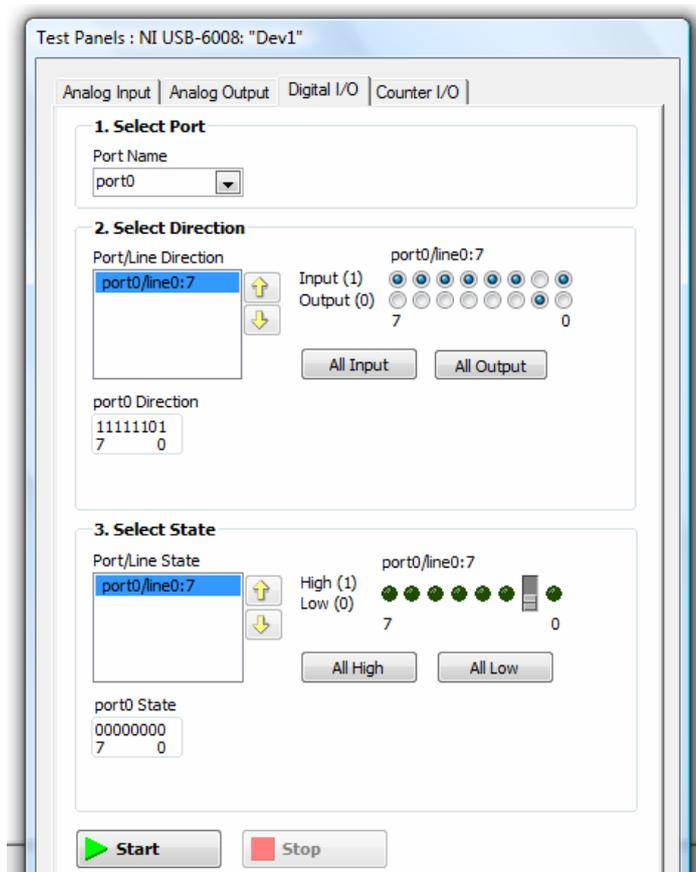


Figura 3.20 Ventana de prueba de entradas y salidas digitales

Si conectamos una señal de 5 Voltios (TTL) por el pin 1 y lo activamos se activará el pin correspondiente de la ventaja y se encenderá el Led virtual correspondiente. Por otro lado al activar el interruptor que aparece en la parte inferior y si se dispone de una salida física (TTL) conectada en el pin 2, se observará que se activará y desactivará correlativamente.

Al realizar las pruebas de conectividad quedan configurados los puertos de entrada y salida tanto analógicas como digitales.

3.5.1.1 Accionamiento manual

Para realizar el seleccionar el accionamiento manual de la Extrusora se procederá a accionar el interruptor para tal fin el cual se muestra en el siguiente gráfico que es parte del Tablero de Control de la Extrusora:

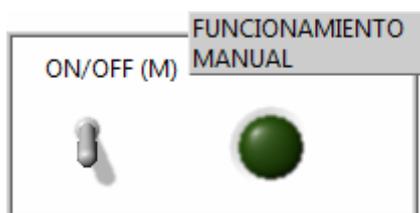


Figura 3.21 Módulo de selección del funcionamiento manual

Su correspondiente bloque de programación, simplificado, se presenta a continuación:

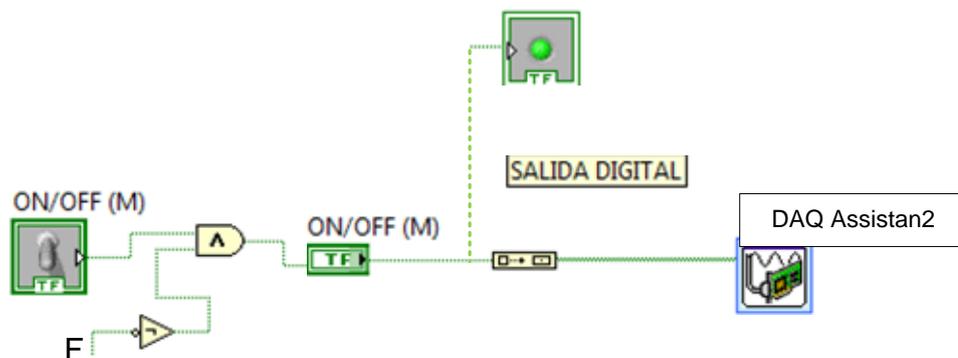


Figura 3.22 Programa del módulo de selección del funcionamiento manual

El bloque de la izquierda tendrá un valor Verdadero o Falso en función de la posición del interruptor ON/OFF (M). El bloque del medio convierte el valor lógico en un valor lógico compatible con el módulo de la derecha que representa la tarjeta DAQ. La letra F indica que el interruptor de operación

automática está apagado. De este modo si el interruptor está en ON por el pin de la tarjeta DAQ, previamente seleccionado y configurado se obtendrá 5 Voltios, y si el interruptor está apagado por dicho pin se obtendrá 0 Voltios. De este modo podemos accionar el optoacoplador correspondiente. Así mediante el Triac respectivo se accionará la bobina del contactor que podrá a la extrusora en condiciones de trabajar con su respectivo control manual.

La configuración de dicho subsistema se muestra en forma simplificada en el gráfico 3.23:

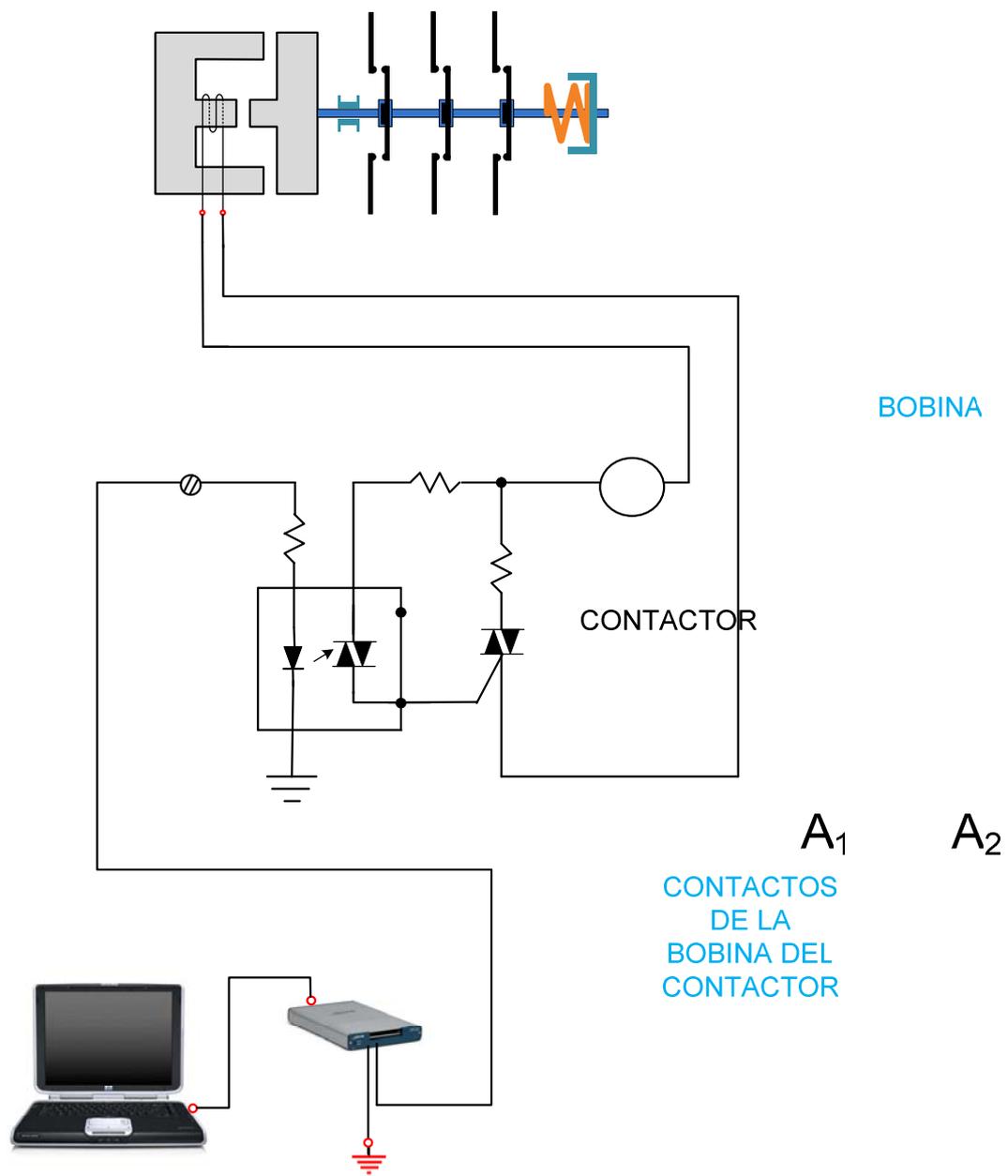


Figura 3.23 Esquema del control del accionamiento manual. SEÑAL QUE VIENE DE LA DAQ

5V DC 330 Ω

OPTOTRIAC

3.5.1.2 Accionamiento automático

Para realizar la selección del accionamiento automático de la extrusora se procederá a activar el interruptor que para tal fin se muestra en el tablero de control y que esquemáticamente se muestra en el siguiente gráfico:

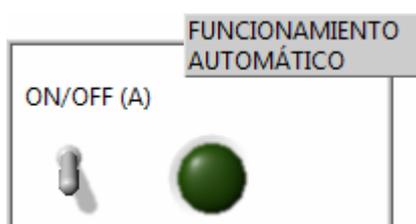


Figura 3.24 Módulo de selección del funcionamiento automático

Su correspondiente bloque de programación se presenta a continuación:

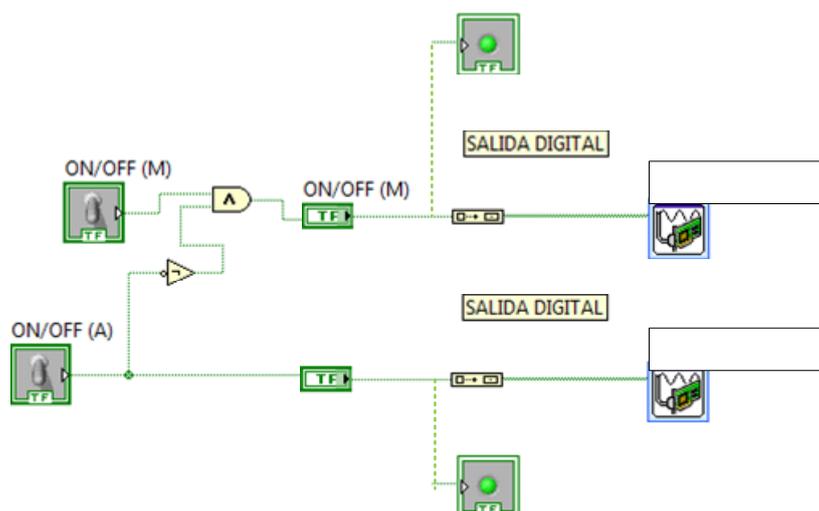


Figura 3.25 Programa del módulo de selección del funcionamiento automático

El bloque de la izquierda tendrá un valor Verdadero o Falso en función de la posición del interruptor ON/OFF(A). Al activarse el interruptor

ON/OFF(A) se desactiva cualquier acción del interruptor de accionamiento manual ON/OFF (M).

3.5.1.3 Parada de emergencia

Para realizar una parada de emergencia se activara el interruptor diseñado para este fin el cual se muestra en el siguiente gráfico que es parte del Tablero de Control de la Extrusora:

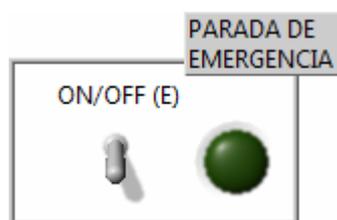


Figura 3.26 Módulo de selección parada de emergencia

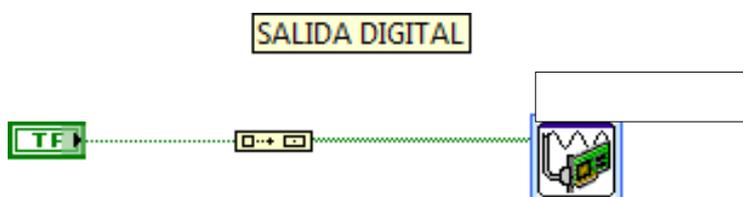


Figura 3.27 Programa del módulo de selección de parada de emergencia

3.5.2 Automatización del control del nivel del material en la tolva

El nivel del polietileno que se ubica en la tolva se medirá usando un sensor ultrasónico marca Kobold, modelo NUS 4. Este sensor se instalará a una distancia de 3 metros sobre el fondo de la tolva.

El sensor de distancia que se empleará se muestra en la figura 3.28



Figura 3.28 sensor de distancia a utilizar para medir la altura de material en la tolva.

Las especificaciones del sensor se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 3.13 Especificaciones del sensor de distancia Kobold, modelo NUS 4

Rango de Medición	Líquidos Hasta 25 m
Conexión	G 1 1/2, G2, 11/2 NPT, 2 NPT AG
Brida DN 80,125, 150, ANSI 3",5",6"	
Material Conexión	Polipropileno
Max. Presión	3 bar máx.; Temperatura a: 90 °C Alimentación:12-36 VDC, 2-Cables
Salida	: 4-20 mA, Reles
Indicación LCD con unidad de programación	

El convertor de señal de amperaje a voltaje seleccionado es de marca AMT. Se muestra en la figura 3.29:



Figura 3.29 Convertor de señal corriente 4/20 mA a 0/5 voltios

Las especificaciones del conversor se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 3.14 Especificaciones del conversor A/V

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Potencia requerida	12V @ 70mA max
Rango de I/O	Corriente de entrada DC 4,20 mA
Voltaje de salida DC	0,5V Precision: $\pm 3\%$
Conector de Input	Clamp
Conector de Output	9- polos conectores macho
Longitud	100mm 3.93"
Altura	26mm 1.02"
Ancho	50mm 1.97"
Peso	132g 4.65Oz

El rango de amperaje de 4 a 20 amperios, es proporcionalmente transformado a un rango de voltaje de 0 a 5V DC. Adicionalmente provee una salida optoaislada y puede ser instalado al sensor del distancia marca Kobold seleccionado e instalarse en un rack.

El sensor de nivel ultrasónico marca Kobold, modelo Nus-4, conjuntamente con su acondicionador de señal está calibrado para que relacione el rango de altura de [0,25m] con [0,5V].

De dicho comportamiento encontramos la relación dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Altura [m]} = 5 \times \text{Vinput [V]}$$

Los valores correspondientes de dicha correlación se muestran en la siguiente tabla construida en base al módulo de desarrollo construido por la empresa para pruebas de campo:

Tabla 3.15 Correlato entre la corriente, altura y voltaje del medidor de altura de carga de la tolva

mA	V	H (m)
4.00	0.000	0.00
4.10	0.031	0.16
4.20	0.063	0.31
4.30	0.094	0.47
4.40	0.125	0.63
4.50	0.156	0.78
4.60	0.188	0.94
4.70	0.219	1.09
4.80	0.250	1.25
4.90	0.281	1.41
5.00	0.313	1.56
5.10	0.344	1.72
5.20	0.375	1.88
5.30	0.406	2.03
5.40	0.438	2.19
5.50	0.469	2.34
5.60	0.500	2.50
5.70	0.531	2.66
5.80	0.563	2.81
5.90	0.594	2.97
5.92	0.600	3.00

En la segunda columna se muestran el rango en el que se va a utilizar el sensor y en el rango comprendido entre 2.5 y 3.0 de la tercera columna estará la zona de alarma.

La curva característica del sensor de nivel se representa mediante el la siguiente figura:

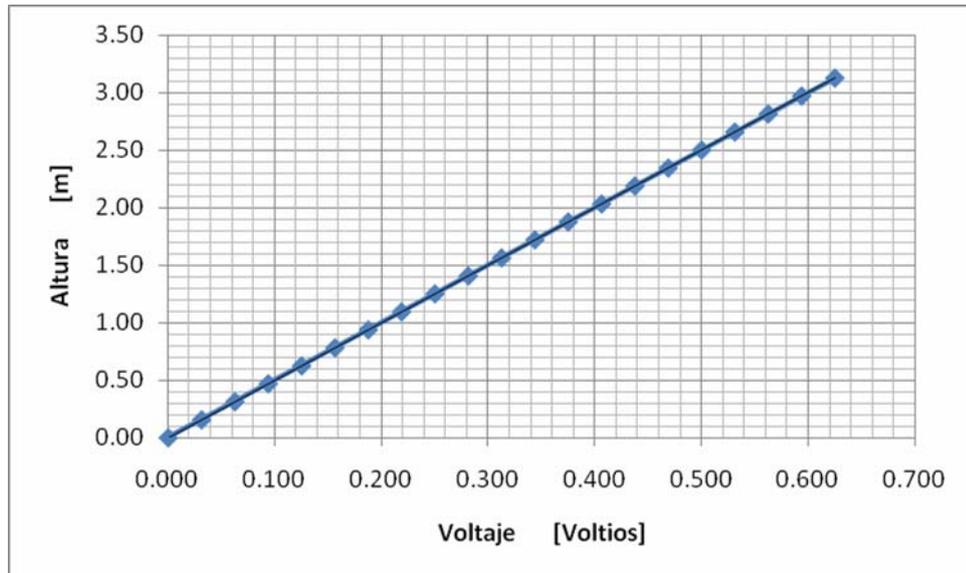


Figura 3.30 Curva característica del medidor de nivel

El subsistema de medición de la altura de material en la tolva en base al sensor ultrasónico y el conversor corriente voltaje también dispondrá de una alarma compuesta por una sirena y una circulina luminosa, intermitente y giratoria. Estos dos elementos se activarán cuando el nivel del material descienda por debajo de la altura crítica que se fija en la pantalla de control y adicionalmente en la pantalla se encenderá la luz de la alarma correspondiente. Como valor nominal crítico se considerará 50 cm.

En la siguiente figura se muestra esquemáticamente el subsistema de medición de nivel de la tolva.

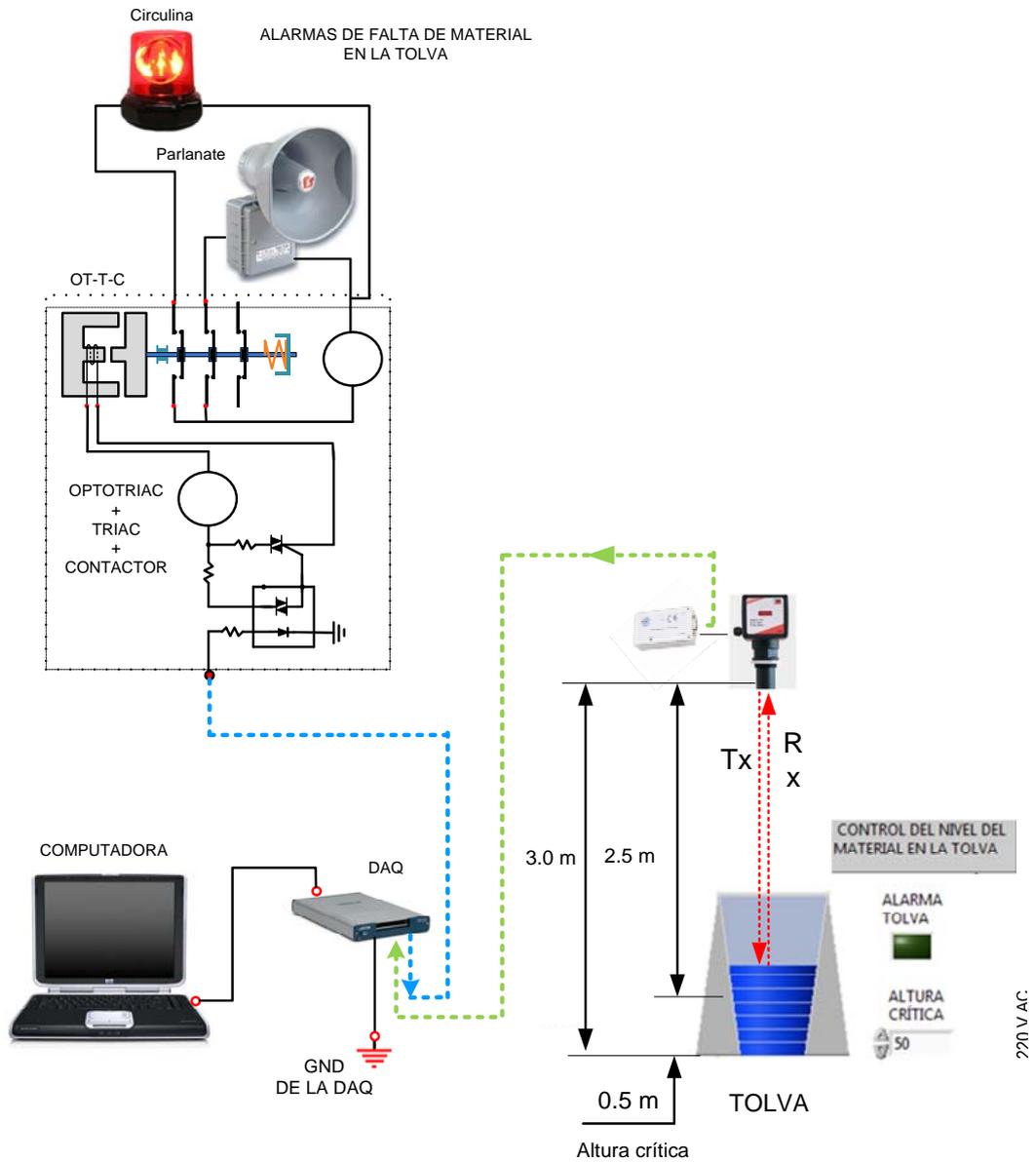


Figura 3.31 Subsistema de medición de caudal

En la pantalla de control aparecerá el módulo de interacción con el sensor de nivel y la alarma como muestra la figura 3.32:



Figura 3.32 Módulo de interacción con la tolva

El programa tendrá la siguiente forma, como muestra la figura 3.33:

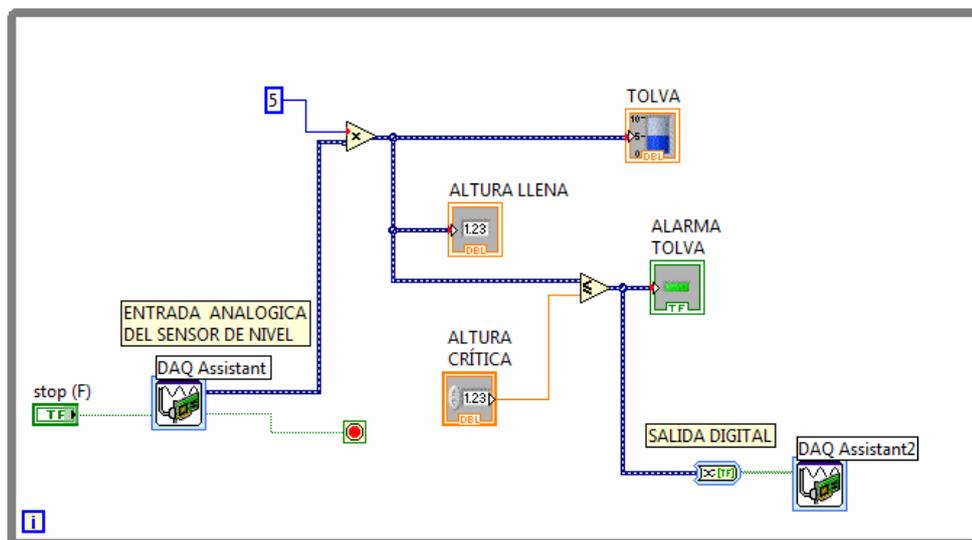


Figura 3.33 Programa para adquirir datos del sensor y activar la alarma al llegar a la altura crítica

La constante de valor igual a cinco es el factor de linealidad del sensor de altura.

Cuando el nivel descienda respecto a la altura crítica fijada, entonces el programa enviará una señal mediante la DAQ al subsistema de la alarma sonora y la circulina. En la pantalla se encenderá la luz de alarma tan como se indica en la siguiente figura:

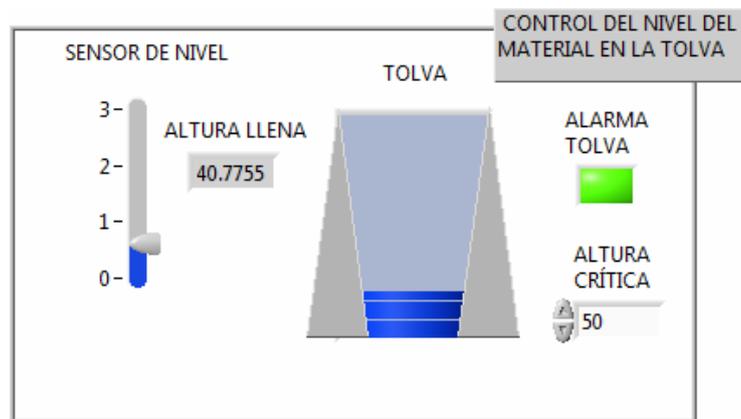


Figura 3.34 Nivel inferior al crítico y activación de alarma mostrada en el tablero de control

3.5.3 Automatización del control de temperaturas en el tren del husillo

El tipo de termocupla que se va a utilizar es del tipo J, compuesta de alambres de Hierro (Fe) y Constantan (CuNi). Su rango de trabajo es de -200 hasta 700°C..

Las termocuplas requieren que se haga la compensación por punto frío, lo equivale sumar al voltaje medido un voltaje adicional relacionado a la temperatura ambiente. Para este fin sugiere utilizar el siguiente circuito tal como se muestra en la figura 3.35:

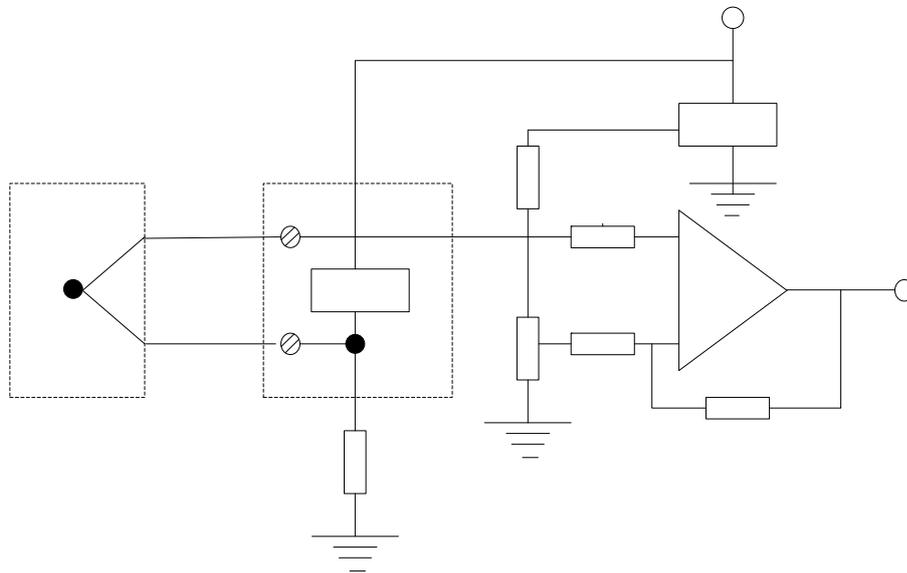


Fig. 3.35 Circuito acondicionador de la termocupla tipo J con compensación por punto frío

Con el circuito mostrado, para tener una sensibilidad de $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ y una tensión nula a 0° C , con independencia de la temperatura ambiente es necesario instalar las resistencias R y R_g con los valores de 52Ω y $303 \text{ k}\Omega$ respectivamente.

Para cada una de las cuatro temperaturas que se miden y cuatro calentadores que se activan corresponderá un módulo de programación similar al mostrado en la figura 3.36 respectivamente.

La curva característica del sensor de temperatura (Termocupla tipo J) con su respectivo acondicionador de señal ya mostrado, tendrá la siguiente curva característica como se muestra en la figura 3.36:

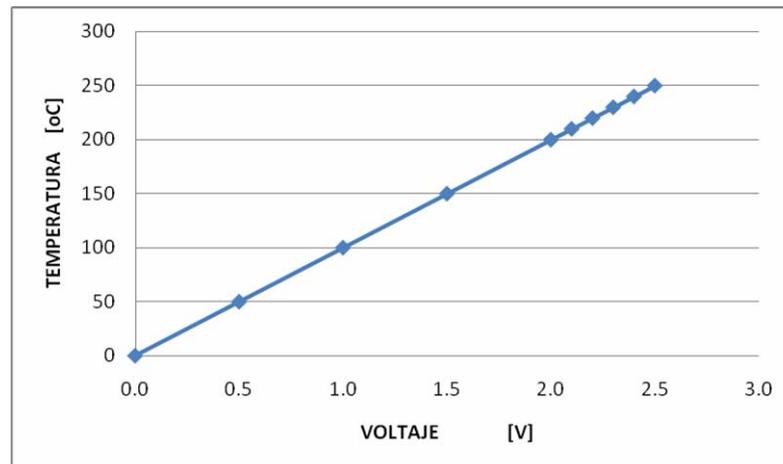


Figura 3.36 Curva característica del medidor de temperatura

El programa genérico para realizar la medición de la temperatura y comparar si su valor es inferior al punto de referencia fijado para activar la respectiva resistencia de calentamiento se presenta en la figura 3.37:

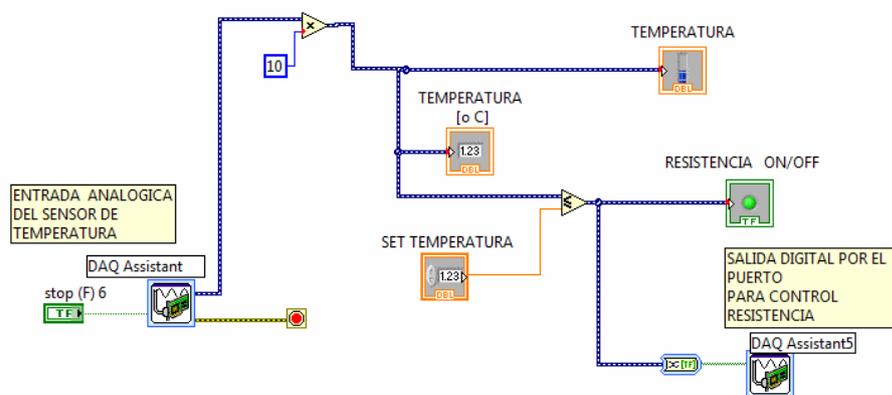


Figura 3.37 Programa para medición de temperatura y activación del calentador

El módulo de control y monitoreo completo de las temperaturas y los estados de activación de las resistencias calentadoras tendrá la siguiente forma, como se muestra en la figura 3.38:

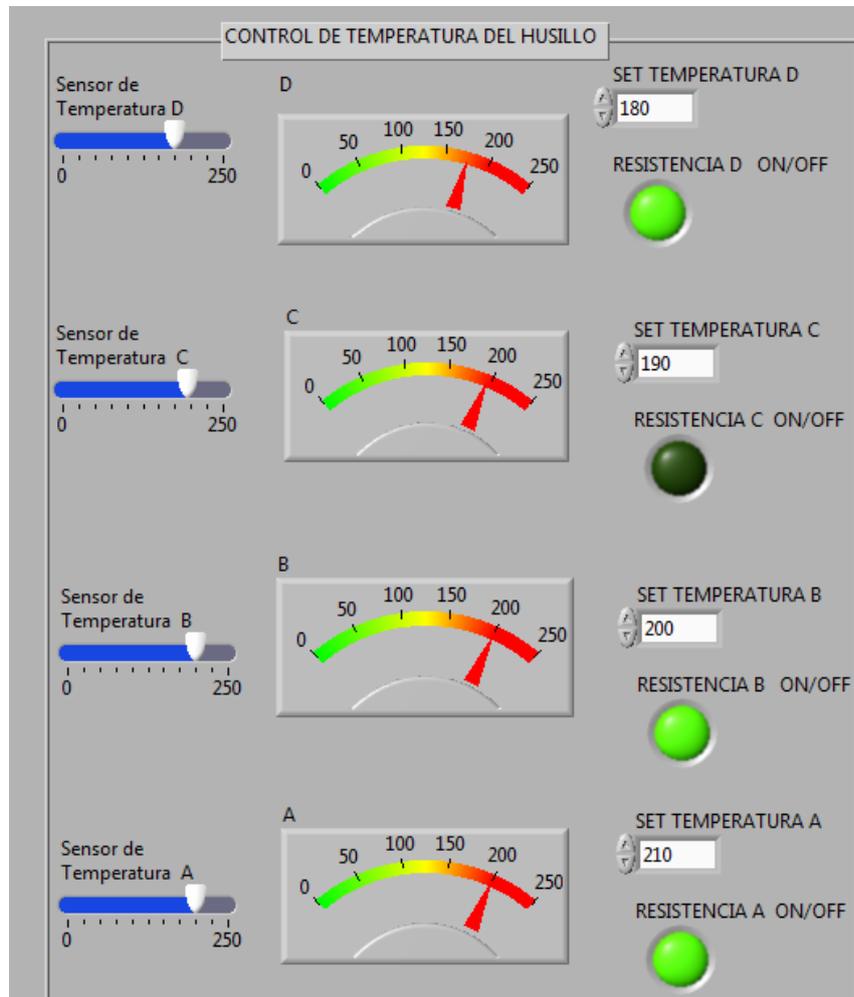


Figura 3.38 Módulo de control de temperatura de la zona de calentamiento del polietileno

En este tablero se fijarán cada una de las temperaturas de referencia.

Los íconos luminosos redondos indicarán si está o no activada la resistencia respectiva.

Las resistencias que se emplearán para el calentamiento del husillo principal se muestran en la tabla 3.16:

Tabla 3.16 Resistencia de calentamiento a usar

Nº	UBICACIÓN	TIPO	POTENCIA (kW)
1	Zona de alimentación	Abrazadera	2 kW
2	Zona de compresión	Abrazadera	2 kW
3	Zona de dosificación	Abrazadera	2 kW
4	Homogenización	Abrazadera	2 kW

Las resistencias de nicrom que se usarán son marca Vermelho de 40-45mm, y sus activaciones se harán con el sistema ya indicado usando optotriac, triac y contantor.

La forma de las resistencias a usar tiene la siguiente forma:



Figura 3.39 Forma de las resistencias calentadoras

3.5.4 Automatización de la manera de fijar la presión de alimentación y el caudal de aire a la manga.

Se empleará la válvula de regulación de presión y caudal marca Ingersoll Rand, modelo IX-050 que viene preparada para comunicación en red. Para poder realizar las fijaciones de los niveles de trabajo tanto de presión como de caudal es necesario enviar una señal de 5V al pin de seteo del controlador incorporado en la válvula. Esto último se hará enviando una señal digital desde el computador a la DAQ y de este punto a pin-set referido.

3.5.4.1 Calibración del regulador de presión de alimentación

En concordancia con el proveedor de la válvula se establece la relación a usar entre el voltaje a enviar y la presión de trabajo que se necesita alcanzar. Se ha establecido preliminarmente la siguiente relación:

$$\text{Voltaje Op [V]} = 0.1 \times \text{Presión [psi]}$$

Siendo:

Presión = presión de trabajo necesaria en psi

Voltaje Op = Voltaje a enviar al controlador de la válvula para setear el controlador

Cabe mencionar que la válvula a emplear posee dos sistemas servomotorizados integrados, uno de ellos para regular la presión y el otro para regular el caudal.

Cada sistema servomotor tiene provisto su propio encoder, su propio amplificador y controlador. El objetivo de enviarle un voltaje es de fijar un valor que se convierte en un parámetro para fijar el rango de movimiento del servomotor y a su vez controlar tanto la presión como el caudal.

Los valores correspondientes de dicha correlación se muestran en la tabla

3.17:

Tabla 3.17 Voltaje a suministrar para fijar la presión de trabajo

PRESIÓN PSI	VOLTAJE Voltios
0	0.000
2	0.200
4	0.400
6	0.600
8	0.800
10	1.000
12	1.200
14	1.400
16	1.600
18	1.800
20	2.000
22	2.200
24	2.400
26	2.600
28	2.800
30	3.000
32	3.200
34	3.400
36	3.600
38	3.800
40	4.000
42	4.200
44	4.400
46	4.600
48	4.800
50	5.000

La curva característica del controlador de presión se muestra en la figura

3.40:

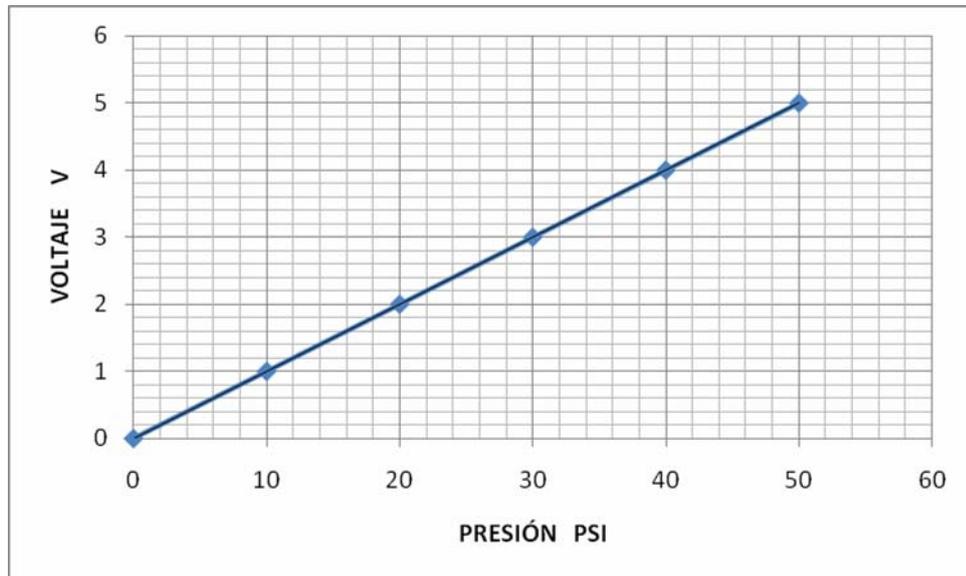


Figura 3.40 Curva característica de configuración de presión

3.5.4.2 Calibración del controlador de caudal de alimentación

Del mismo modo que para fijar la presión se es necesario enviar un voltaje a la válvula controladora de caudal. Se ha establecido preliminarmente la siguiente relación:

$$\text{Voltaje } O_q \text{ [V]} = 0.1 \times \text{Caudal [pcm]}$$

Siendo:

Caudal = Caudal de trabajo necesaria en [pcm]

Voltaje O_p = Voltaje a enviar al controlador de la válvula para setear el controlador

Los valores correspondientes de dicha correlación se muestran en la tabla

3.18:

Tabla 3.18 Voltaje a suministrar para fijar el caudal de trabajo

CAUDAL pcm	VOLTAJE V
0.0	0.00
0.2	0.18
0.4	0.36
0.6	0.54
0.8	0.71
1.0	0.89
1.2	1.07
1.4	1.25
1.6	1.43
1.8	1.61
2.0	1.79
2.2	1.96
2.4	2.14
2.6	2.32
2.8	2.50
3.0	2.68
3.2	2.86
3.4	3.04
3.6	3.21
3.8	3.39
4.0	3.57
4.2	3.75
4.4	3.93
4.6	4.11
4.8	4.29
5.6	5.00

La curva característica del controlador de caudal se muestra a continuación en la figura 3.41:

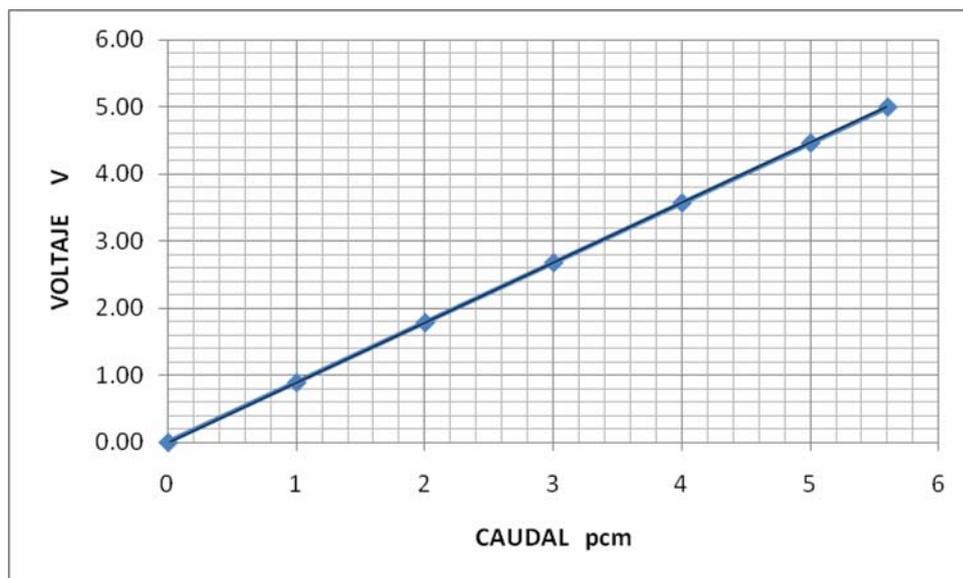


Figura 3.41 Curva característica del controlador de caudal

El programa para setear la válvula reguladora de presión y caudal se muestra a continuación en tres partes. En la primera se muestra el módulo correspondiente para poder enviar la señal digital necesaria para poner el controlador de la válvula en estado de programación o seteo, en la segunda se muestra el módulo necesario para sacar el voltaje que servirá para parametrizar controlador de la válvula y obtener la presión deseada, y en la tercera parte se muestra el módulo necesario para sacar el voltaje que servirá para parametrizar el controlador de la válvula y obtener el caudal deseada, tal como se muestra en la figura 3.42 y 3.43 respectivamente.

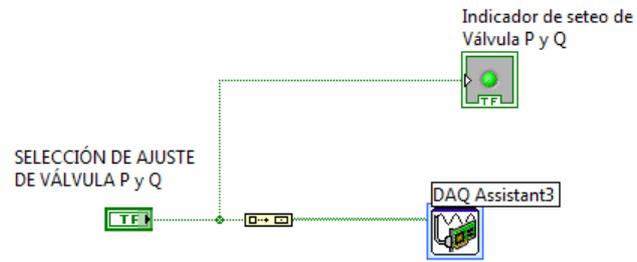


Figura 3.42 Programa para activar estado de seteo de válvula P y Q

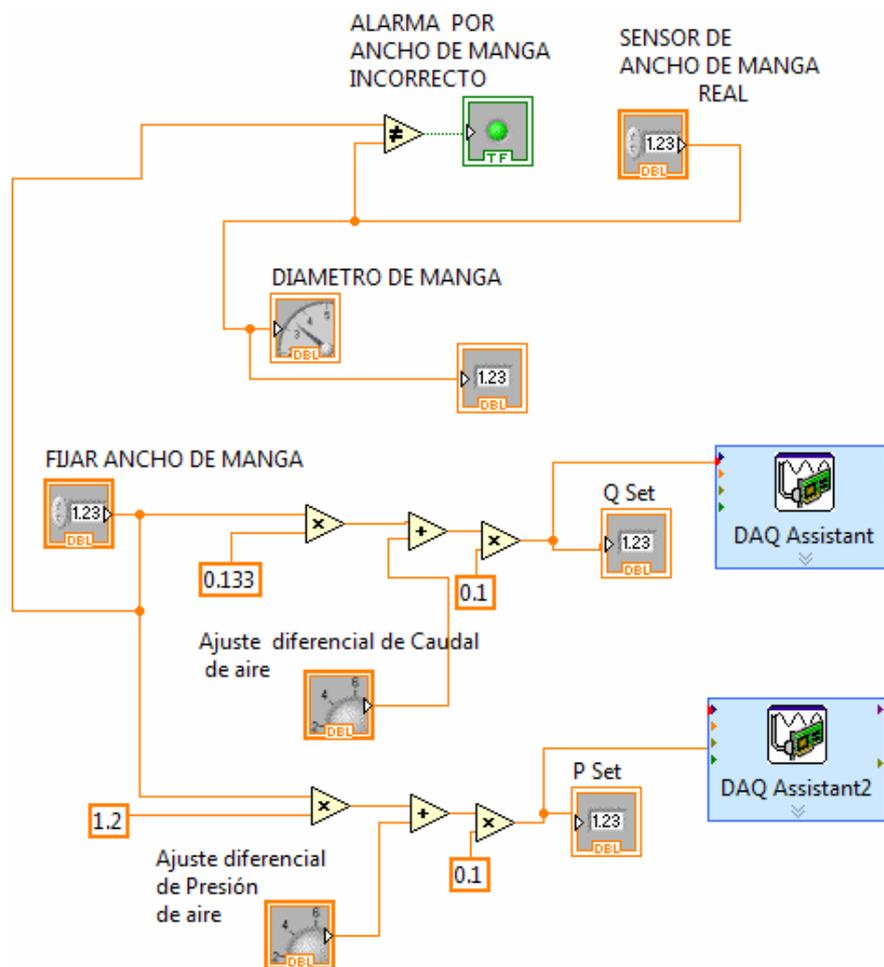


Figura 3.43 Programa para parametrizar valor de presión en válvula P y Q Para el ancho de manga

Al decidir el ancho de manga a producir deber tomarse en cuenta los valores indicados en la tabla 3.19 para poder calcular los factores a incluir en el programa correspondiente. Por ejemplo, en el caso que se requiera producir mangas de 15" para estimar la presión necesaria se multiplicará este valor por 1.2 y para estimar el caudal necesario se multiplicará por 0.133. Esto resultados, deberán multiplicarse por 0.1 de acuerdo a las relaciones indicadas en los puntos 3.5.4.1 y 3.5.4.2 para obtener los valores de los voltajes que se enviarán a la válvula reguladora de presión y caudal (P-Q) en el momento del seteo.

A continuación se muestra el programa para el caso de mangas de 15":

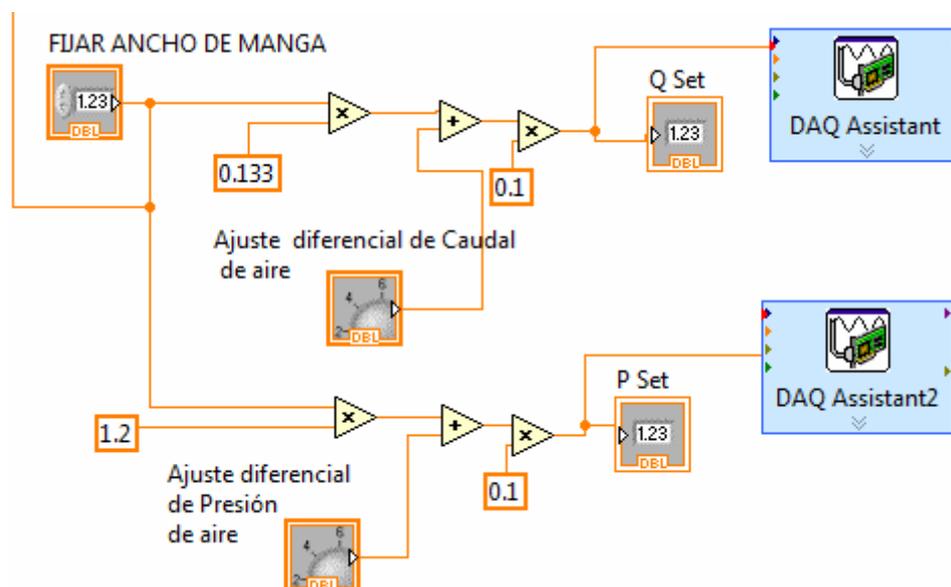


Figura 3.44 Parte del programa para parámetros voltaje de seteo de válvula P-Q para mangas de 15"

Los valores característicos de presión y caudal que se emplearán se muestran en la tabla 3.19

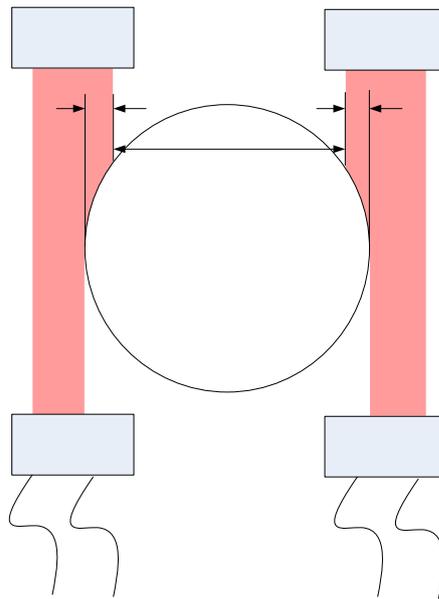
Tabla 3.19 Presión y caudal para distintos anchos de manga

No	ANCHO DE MANGA	PRESIÓN PSI	CAUDAL cfm
1	2 "	10	1.2
2	4 "	12	1.4
3	10 "	15	1.8
4	15 "	18	2.0
5	19 "	20	2.2
6	23 "	21	2.3
7	29 "	22	2.6
8	40 "	25	2.8

3.5.5 Automatización de la manera de verificar el diámetro de la manga

Para realizar la medición del ancho de la manga se utilizarán dos sensores micrométricos electrónicos de barrera marca Keyence de la serie LS-5000, Tx LS5501 Rx LS5001.

La forma como se va a disponer dichos sensores se esquematiza en la figura 3.45:



Tx

X1

Figura 3-45 Forma de ubicar los sensores de barrera

Con dicha configuración, el ancho del globo se encontrará utilizando la siguiente relación:

$$AT = AF + X1 + X2$$

Donde:

AT = Ancho total de manga [mm]

AF = Ancho fijo en [mm]

X1 = Longitud adicional izquierda [mm]

X2 = Longitud adicional derecha [mm]

Rx

Las longitudes adicionales se calcularán de la siguiente manera:

$$X1 = 120 - 24 * Vi$$

$$X2 = 120 - 24 * Vd$$

Gnd

Vi

Donde:

V_i = Voltaje entregado por el sensor del lado izquierdo [voltios]

V_d = Voltaje entregado por el sensor del lado derecho [voltios]

Los valores correspondientes de dichas correlaciones se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.20 Voltaje emitido por el sensor de barrera relacionado a la distancia medida

V emitido(voltios)	X (mm)
0	120
1	96
2	72
3	48
4	24
5	0

$V = V_i$ ó V_d ; $X = X_1$ ó X_2 correspondientemente

La curva característica de cada uno de los sensores de barrera se muestra en la figura 3.46:

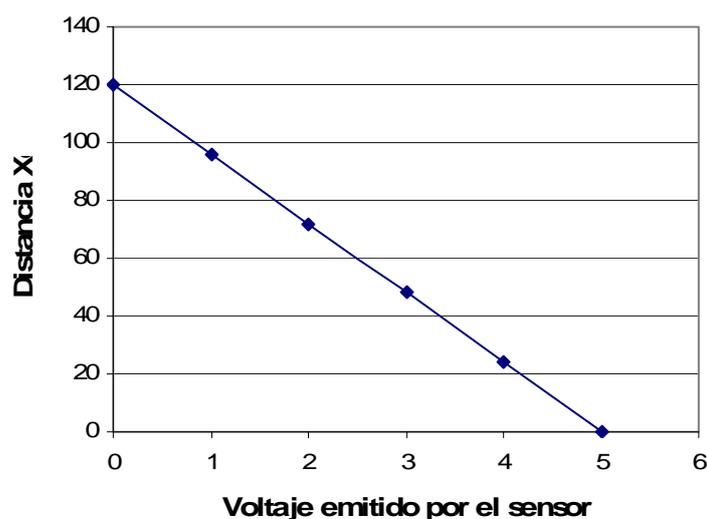


Figura 3.46 Curva característica de cada uno de los sensores analógicos de barrera

El programa que indica el ancho total de la manga se muestra en la figura 3.47:

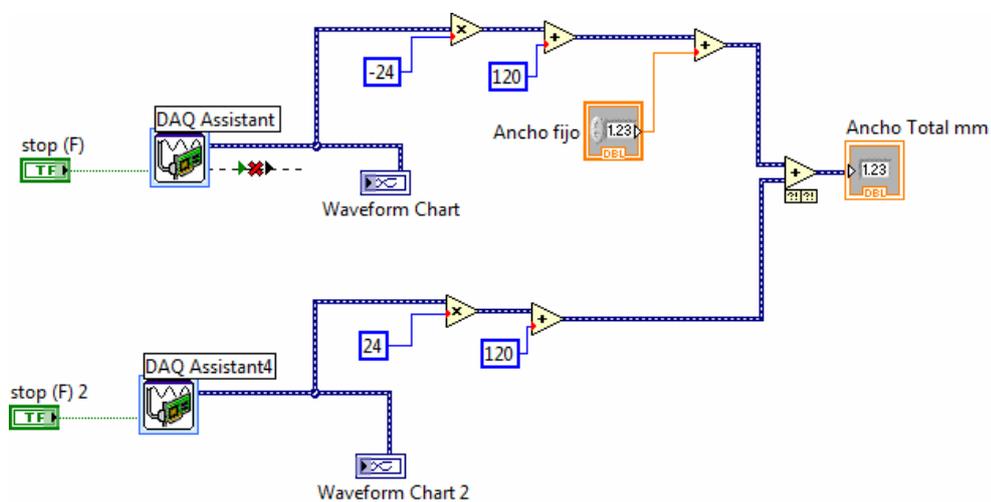


Figura 3.47 Programa para sensar el ancho de manga y mostrarlo en el tablero de control

3.5.6 Configuración del sistema de supervisión y control usando PC

El sistema de supervisión y control esta conformado por cada una de los programas mostrados anteriormente.

El sistema a implementar y el correspondiente tablero de control se muestran en las figuras 3.48 y 3.49:

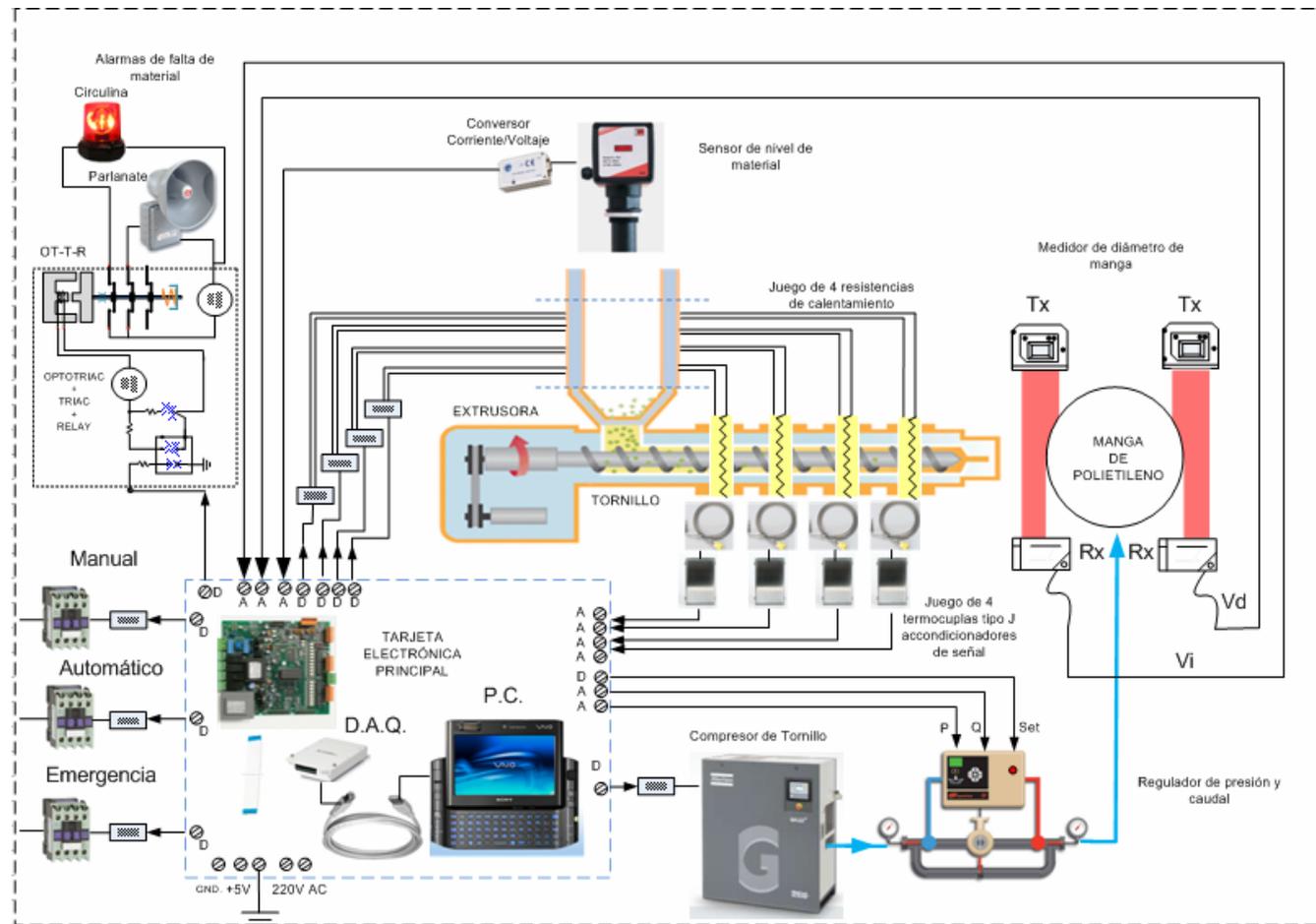


Figura 3.48 Composición del sistema de control a implementar

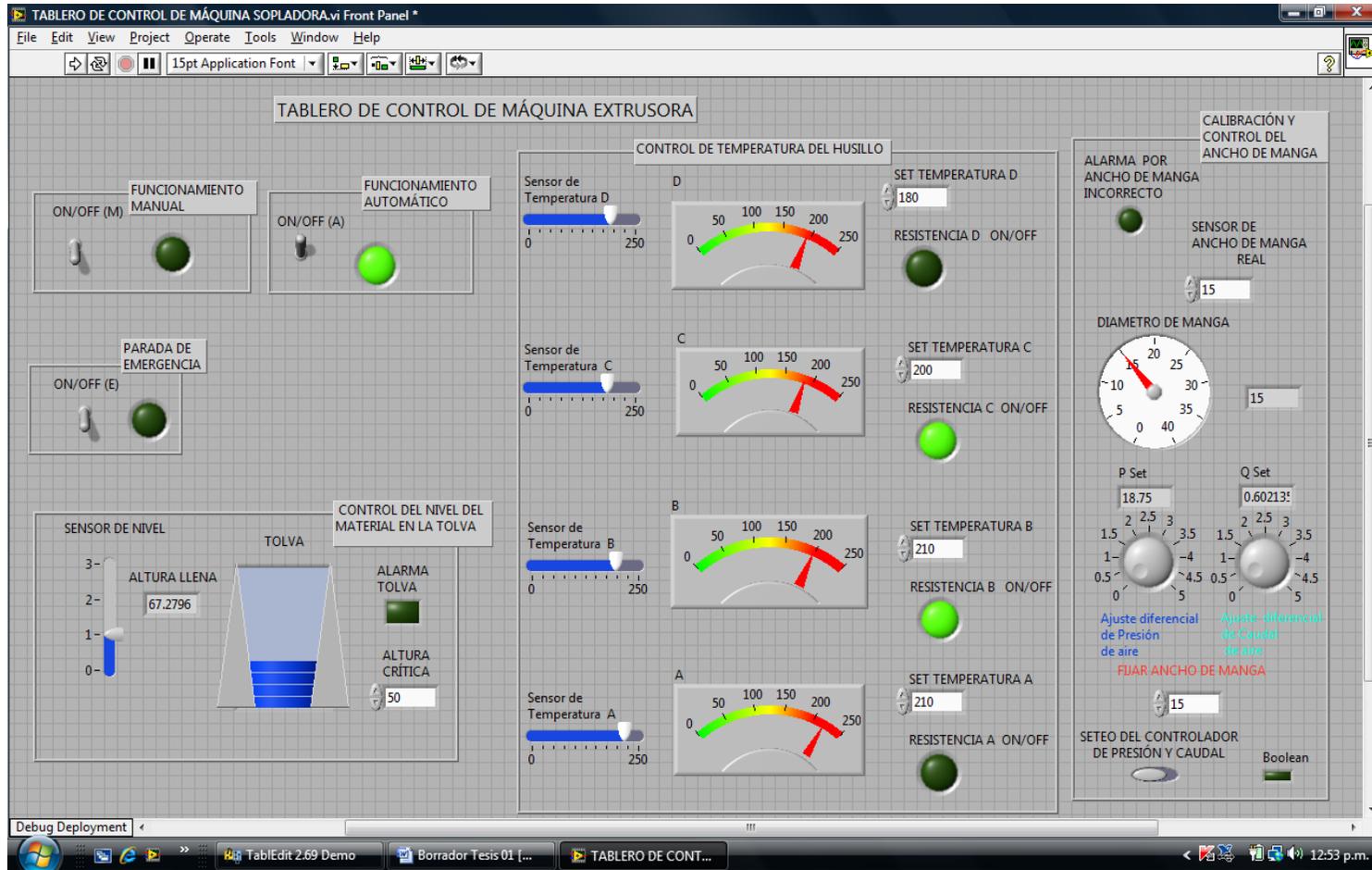


Figura 3.49 El tablero de control

El proceso de fabricación de las mangas de polietileno luego de enrollarlas pasa por una etapa de pesado, para luego ser embaladas y etiquetas en lotes prefijados quedando listas para su despacho.

3.5.7 Resultado estimado de la implementación del sistema de automatización.

Al implementar el sistema de automatización propuesto la ventajas que se obtienen es disminuir los tiempos de producción debido a que el llenado de la tolva será más eficiente, el control de la temperatura será más rápido y preciso, la calibración del ancho de bando se hará con menos pérdidas, y finalmente como consecuencia habrá una reducción de merma. Los tiempos ahorrados se han estimado experimentalmente en pruebas de campo simuladas en condiciones de operación conservadoras y se indican en siguiente tabla:

Tabla 3.27 Tipo ahorrado por al implementar el sistema de automatización

Ahorro de tiempo en el llenado de la tolva (horas/mes)	Ahorro de tiempo en alcanzar la temperatura de trabajo (horas/mes)	Ahorro tiempo en calibración del ancho de manga (horas/mes)
20	5	50

El tiempo total ahorrado y que se usará en producir, al implementar el sistema de automatización a cada una de la extrusora, será de 75horas por mes, lo equivale a aumentar la producción en 3.4 Tn/mes.

3.6 REALIZACIÓN DE LOS MANTENIMIENTOS DE LAS EXTRUSORAS Y ESTABLECIMIENTO DE LINEAMIENTOS DEL CONTROL DE CALIDAD

3.6.1 El mantenimiento correctivo

Como punto importante del mantenimiento correctivo se ha considerado el cambio de los tornillos de extrusión a diez máquinas similares de marca Maqtor, de procedencia argentina, modelo F40.

A continuación presentamos consideraciones respecto al desgaste de los tornillos:

- **DESGASTE POR MATERIAL ABRASIVO O MUY CONTAMINADO:**

Este tipo de desgaste se produce cuando el material es muy abrasivo, generalmente cuando hay contaminación con tierra por el almacenamiento o transporte y cuando se reprocessa plástico usado en agricultura.



Fotograma 3.1 Desgaste del tornillo producido por materiales abrasivos.

- **DESGASTE SUPERFICIAL Y DEL ALMA**

Otro tipo de desgaste, ante un mal nitrurado, se pierde la protección superficial lo que permite el desgaste del material blando del alma en forma cóncava, como se muestra en la figura 3.51:



Figura 3.51 Desgaste del tronillo en forma cóncava

- **DESGASTE POR RASGADO**

Se produce cuando se trabaja con temperaturas muy bajas. En este caso la masa de plástico va resbalando en vez de ir plastificada, como se muestra en la figura 3.52:



Figura 3.52 Desgaste del tornillo por temperatura baja del material a extruir

- **DESGASTE POR ACCIÓN QUÍMICA**

Este tipo de desgaste se produce por la acción la acción corrosiva de químicos en la superficie nitrurada del un tornillo. Esto se produce cuando se trabaja con plásticos reciclados que contienen productos corrosivos, como se muestra en la figura 3.53:



Figura 3.53 Desgaste por acción corrosiva de químicos en la superficie.

- **DESGASTE POR DESMORONAMIENTO**

Desmoronamiento de una calza bimetálica. Si la camisa esta muy gastada y carece de superficie dura y lisa, el tornillo tiende a engranarse y continuamente arranca trozos de calza. Esta falla también está relacionada con la variación permanente de la temperatura de trabajo y con la estructura del material del tornillo.



Figura 3.54 Desgaste del tornillo por desmoronamiento.

3.6.2 Resultado esperado del cambio de tornillos de extrusión

Como se anotó, como resultado del mantenimiento correctivo que principalmente consiste en el cambio de los tornillos de extrusión a 10 de las 13 máquinas existentes, se conseguirá aumentar la eficiencia productiva. Este aumento se sustenta de la manera siguiente:

a) Costo del tornillo extrusor de cada una de las máquinas

El costo total está referido en la siguiente tabla 3.22:

Tabla 3.22 Costo total de los tornillos

Nº	ESPECIFICACIÓN (mm)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(\$)	COSTO SERVICIO INSTALACIÓN (\$)	COSTO TOTAL (\$)
1	Diámetro 40	10	2000	100	21000

b) Valor nominal de producción

El punto de operación óptima de la máquina F40 se encuentra cuando opera a 2231.25 R.P.M. al conseguir producción estable y máxima duración de los componentes de la máquina.

Tabla 3.23 Producción nominal en cada punto de operación

PUNTO DE OPERACIÓN	RPM DEL MOTOR	PRODUCCIÓN NOMINAL (kg/día)
I	1 458.33	705.88
II	1 750.00	847.06
III*	2 231.25	1 080.00
IV	2 333.33	1 129.41

* Punto de operación recomendado

c) Valores actuales de producción por máquinas

En forma gráfica, a continuación se muestra la producción en función de las R.P.M. del motor de la extrusora F40, como se muestra en la figura 3.55::

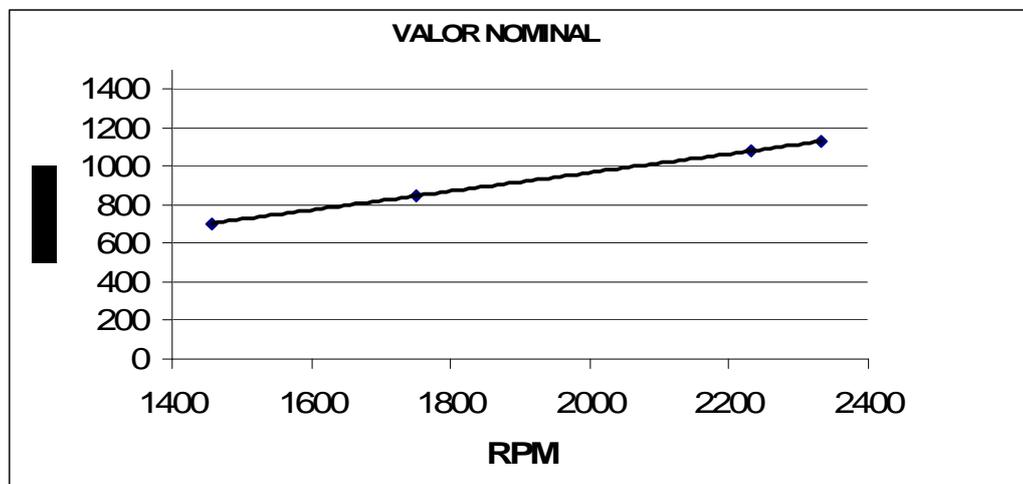


Figura 3.50 Producción vs RPM de la Extrusora F40

d) Promedio de producción actual de las diez máquinas en estudio

La producción encontrada, en kilogramos/día, en cada una de las diez máquinas se muestra en la tabla 3.24:

Tabla 3.24 Producción diaria encontrada por máquina

RPM	1458.33	1750	2231.25	2333.33
Punto de operación	I	II	III	IV
N° Máquina	PRODUCCIÓN			
	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/día
1	228.76	274.51	350	366.01
2	294.12	352.94	450	470.59
3	326.80	392.16	500	522.88
4	326.80	392.16	500	522.88
5	326.80	392.16	500	522.88
6	339.87	407.84	520	543.79
7	392.16	470.59	600	627.45
8	470.59	564.71	720	752.94
9	470.59	564.71	720	752.94
10	470.59	564.71	720	752.94

e) Conclusión del mantenimiento correctivo.

Comparando la producción promedio encontrada con la producción nominal en cada uno de los puntos operación encontramos la diferencia mostrada en el siguiente gráfico:

Tabla 3.25 Valores de producción nominal y encontrada

RPM DEL MOTOR	PRODUCCIÓN NOMINAL (kg/día)	PRODUCCIÓN PROMEDIO ENCONTRADA (kg/día)
1458	706	365
1750	847	438
2231	1080	558
2333	1129	584

Gráficamente podemos presentar dicha diferencia de producción en cada punto como se muestra en la figura 3.56:

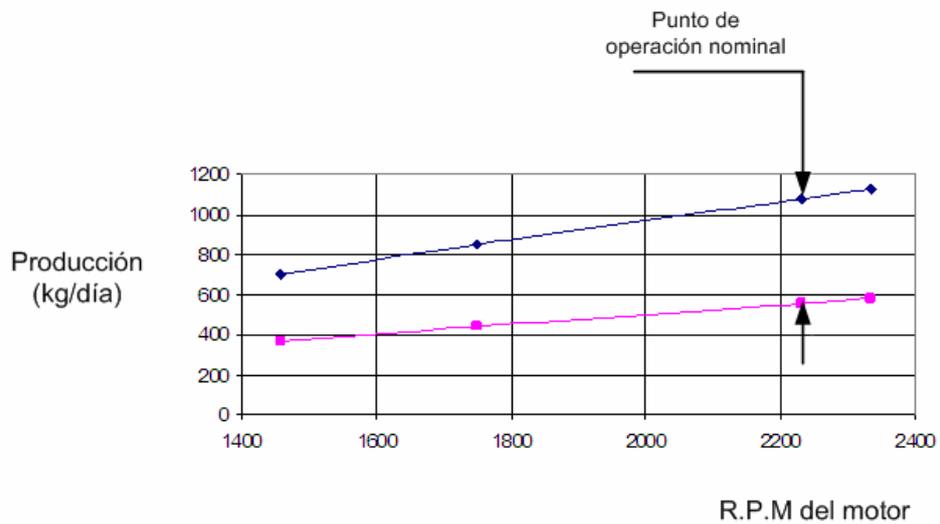


Figura 3.56 Producción diaria vs R.P.M. motor en extrusoras F40

Podemos concluir que al realizar el mantenimiento correctivo que consiste en cambiar los tornillos extrusores de las 10 máquinas F40, se logrará un aumento de producción de 505.16 kg/día-máquina, indicada en el punto de operación nominal en la figura N° 3.51, representando una producción de 15.66 Tn/mes-máquina, lo que equivale a aumentar la producción a 150.66 Tn/mes

3.6.3 El mantenimiento preventivo

Los lineamientos relacionados al mantenimiento se muestran en la tabla 3.26:

Tabla 3.26 Lineamientos relativos al mantenimiento preventivo

N°	REFERENCIA	LINEAMIENTOS RELACIONADOS AL MANTENIMIENTO
1	Alabes y filetes de los tornillos	Evitar material contaminado y mala calibración de temperaturas.
2	Profundidad del filete en la zona de alimentación	Es conveniente que el material que ingresa a extruirse sea homogéneo.
3	Profundidad del filete en la zona de descarga	Evitar ingreso de materiales abrasivos
4	Relación de compresión	Mantener la calidad del material suministrado
5	La longitud del husillo	No cambiar las dimensiones de la longitud nominal del tornillo
6	Diámetro del tornillo	Se debe mantener la relación longitud/diámetro especificada
7	El adaptador guiador	Mantener la temperatura adecuada en la zona del adaptador
8	Tolva	Realizar la carga en forma progresiva para evitar esfuerzos innecesarios
9	El cilindro	Mantener los acoples del sistema de enfriamiento en buenas condiciones Fijar adecuadamente las termocuplas.
10	El cabezal	Mantener las paredes internas limpias y sin impurezas. Verificar si existen regularidades en la superficie interna
11	El anillo de enfriamiento	Mantener el flujo de aire adecuado para evitar distorsiones térmicas
12	El rodillo de tiro y embobinado	Mantener los rodillos limpios, lubricados y alineados

La Organización Interamericana de Plásticos (OIP) hace recomendaciones que se adoptarán como práctica estándar en la producción de mangas de polietileno. Estas son:

- Verificación periódica del espesor de la películas

- Control de las zonas de calor en el cilindro de modo que mantengas la temperatura dentro de los límites predeterminados.
- Verificar regularmente las termocuplas para ver si están ajustadas en las paredes del cilindro.
- Verificar regularmente los calefactores para ver si están flojos o quemados.
- Limpiar el cabezal. Observe si hay irregularidades en la superficie interna.
- Asiente a mano y pula los labios del cabezal para eliminar las impurezas.
- Verificar la altura y uniformidad de la línea de enfriamiento.
- Mantenga una distribución uniforme de aire en el anillo de aire para película soplada.
- En película soplada limpie frecuentemente las rejillas del anillo de aire.
- Usar guantes de cuero o de amianto cuando comience o recomience a levantar la burbuja-manga.
- Mantenga el equipo de jalado bien alineado.
- Siempre mantenga en stock, fusibles, paquete de tamices, filtros, termocuplas, calefactores y pernos.
- Observe continuamente el rollo de película para evitar mal aspecto y arrugas.
- Verifique continuamente los controles del extrusor.
- Lleve un control de todos los datos importantes del extrusor en un registro.

- Observe los manómetros para saber cuando es necesario limpiar el filtro y cambiar los tamices.
- Seguir las instrucciones del fabricante en cuanto a la lubricación.
- Manténgase atento a las posibles pérdidas de agua.
- Mantener el local limpio.
- Utilice únicamente resinas limpias.
- Utilice las resinas apropiadas para los tipos de película que se deseen fabricar de acuerdo al proceso adoptado utilizando un índice de fluidez óptimo.

La estimación de los elementos de recambio necesarios para el mantenimiento preventivo se indica a continuación:

Tabla 3.29 Elementos de recambio en el mantenimiento preventivo

N°	NOMBRE DEL REPUESTO	ESPECIFICACIÓN	TIEMPO DE RECAMBIO	CANT.por máquina	P.U (\$)	TOTAL (\$)
1	Rodaje de la caja Reductora	Rollway 29412 EM	Cada año	1	315	315.00
2	Pirómetro del tablero de Control	Teshow TS84B	Cada año	1	75	75.00
3	Rodaje del Cabezal Giratorio	FAG 22305	Cada 8 meses	1	150	150.00
4	Cambio de Fajas Motor-Reductor	Rexón B-64	Cada 6 meses	6	10	60.00
5	Rectificación del jebe del rodillo jalador	Corregir	cada año	1	50	50.00
6	Cambio de Mangueras de Aire	Rober King D 4"	Cada año	6	31	186.00
7	Cambio de Aceite (transmisión Mecánica)	Vistony GL1-250	Cada 6 meses	5	15	75.00
8	Otros	Varios	Cada año	1	50	50.00
					TOTAL(\$)	961.00

3.6.4 Establecimiento de los rangos de alarma para el mantenimiento predictivo

Se ha observado que los subsistemas críticos son:

- Alimentación de material
- Calentamiento del material
- Refrigeración
- Soplado
- Jalado y embobinado de manga

Para cada uno de los subsistemas se han establecido los siguientes valores denominados alarmas como se muestra en la figura 3.28:

Nº	SUBSISTEMA	REFERENCIA DE LA ALARMA	VALOR DE ALARMA
1	Alimentación de material	Indicación tardía de nivel de llenado	45 cm de altura
2	Calentamiento del material	Tiempo máximo necesario para calentamiento	6 minutos
3	Refrigeración	Potencia de la turbina	Mayor a 2 HP
4	Soplado	a) Relación del diámetro de la burbuja entre en diámetro del cabezal b) Relación entre el ancho de manga y el diámetro del cabezal	a) Valor menor a 2 ó mayor a 4.5 c. Distinto al $63.7\% \pm 1$
5	Jalado y embobinado	Relación entre RPM del rodillo jalador entre RPM rodillo embobinador	$\pm 1\%$ de diferencia

Los valores de la cuarta columna de la tabla anterior constituyen las alarmas principales del mantenimiento predictivo.

3.6.5 Establecimiento de los estándares del control de calidad durante el proceso de producción

Los estándares de control de calidad que serán parte del proceso de producción se muestran en la tabla 3.29:

Tabla 3.29 Normas técnicas a emplear (ensayos mecánicos)

MÉTOD DE ENSAYO	NORMA	ESFUERZO	EQUIPO DE PRUEBA	VALORES MEDIDOS	FRECUENCIA DE APLICACIÓN POR 100Tn DE PRODUCCIÓN
Resistencia a la tracción por impacto	ASTM D1822	Longitudinal y transversal	Aparato de impacto con péndulo	Energía de impacto relativa a la sección transversal relativa al C.P. (Jmm/mm ²)	10
Resistencia a la tracción en la rotura. Alargamiento en la rotura	ASTM D638 M	Longitudinal y transversal	Máquina universal de ensayos (dinamómetro)	Fuerza de tracción relativa a la sección transversal (N/mm ²) Alargamiento (%)	50
Resistencia a la propagación del rasgado	ASTM D1938	Longitudinal y transversal	Máquina universal de ensayos (dinamómetro)	Fuerza de propagación al rasgado relativa al espesor (N/mm ²)	10
Resistencia a la propagación del rasgado	ASTM D1922	Longitudinal y transversal	Elmendorf	Fuerza para propagación del rasgado (N)	10
Resistencia a la caída del dardo (dart drop)	ASTM D1709	Biaxial	Dardo en caída	Peso del dardo en gramos	10
Test de tracción pendular en film	ASTM D3420	Biaxial	Aparato de impacto con péndulo	Energía de penetración relativa al espesor (J/mm)	20
Resistencia a la rotura inicial	ASTM D1004	Longitudinal y transversal	Máquina universal de ensayos (dinamómetro)	Fuerza para inicio de la rotura del C.P. relativa al espesor	10
Resistencia al rasgado por perforación	ASMD2582	Longitudinal y transversal	Dispositivo en caída libre con punto aguda	Fuerza de propagación de rasgadura (N)	10

C.P = Comportamiento de propagación

Para determinar la evaluación de las características del films se emplearán las siguientes pruebas:

Tabla 3.30 Normas técnicas a emplear (ensayos físicos)

MÉTOD DE ENSAYO	NORMA	EQUIPO DE PRUEBA	VALORES MEDIDOS	FRECUENCIA DE APLICACIÓN POR 100T _n DE PRODUCCIÓN
Coefficiente de fricción	ASTM D1894	Máquina de testeo de fracción (dinamómetro)	-----	5
Adhesión (Bloking)	ASTM D 1893	Máquina de testeo de fracción (dinamómetro)	Fuerza de separación entre hojas de films (N/cm)	50
Permeabilidad al vapor del agua	ASTM E 96	Cámara con humedad relativa constante	Cantidad de humedad permeada por agua (gr/cm ²) cada 24 horas	10
Permeabilidad a gases	ASTM B1434	-----	Cantidad de gas permeado por área (gr/m ²) cada 24 horas	5

3.7 ESTIMACIÓN DE LOS MATERIALES NECESARIOS

Tabla 3.31 Costos de materiales necesarios

Nº	CONCEPTO	Precio Unitario (\$)	CANT. TOTAL(\$)	TOTAL US\$
1	MÓDULO DE MEDICIÓN DE NIVEL	1050	13	13,650
	Sensor de nivel Kobold Nus -4			
	Conversor A/V AMT 4-20 mA / 0 - 5 V			
	Circulina 100 W giratoria			
	Parlante			
	(1)Módulo optotriac-triac-relay MSN			
2	MÓDULO DE CONTROL DE TEMPERATURA	400	13	5,200
	Termocuplas Omega tipo J			
	Compensadores de punto frío (s/diseño)			
	Resistencias calentadoras Vermelho			
	(4)Módulo optotriac-triac-relay MCPQ			
3	MÓDULO DE CONTROL DE PRESIÓN Y CAUDAL	4500	13	58,500
	Válvula reguladora de presión y caudal Ingersoll Rand IX050			
	(1)Módulo optotriac-triac-relay MCPQ			
4	MÓDULO DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE MANGA	2040	13	26,520
	Sensor micrométrico de barrera KEYENCE Tx Rx LS5121			
	Soporte para adaptación (s/diseño)			
5	MÓDULO DE CONTROL POR PC	4200	13	54,600
	PC Lab Top Con procesar Interl Core 2 Duo			
	DAQ-USB NI 6251			
	Tarjeta principal (s/diseño)			
	(3)Módulo optotriac-triac-relay MCPQ			
	Programación, compilación y puesta a punto			
6	TORNILLOS DE EXTRUSIÓN	1800	10	18,000
	Tronillos para máquina F40			
	Instalación			
7	GENÉRICOS	3530	1	3,530
	Cableados			
	Acondicionamiento obras civiles			
	Capacitación del personal			
	Instalaciones y acabados			
Total US \$				180,000

Los costos indicados se obtuvieron en base a precios promedios de ofertas de tres proveedores de Plásticos Rey S.A.C. Las empresas consultadas especializadas en automatización industrial y con experiencia en el ramo de extrusión de plásticos fueron:

- Industrial Controls S.A.C.,
- Automotización Industrial Alltronics
- Automatización Industrial Deltronics

3.8 CONCLUSION DEL ESTUDIO TÉCNICO

Luego de realizar el estudio técnico se sustenta la factibilidad del empleo de tecnología de control disponible en el mercado, con costos accesibles, son compatibles y configurables, confiables y de operación segura.

- a) Por efectos de la automatización recomendada se logrará aumentar la producción en 3.5 Tn/mes y adicionalmente mejorará la calidad del producto ofrecido y tendrá estándares internacionales.
- b) Por efectos del mantenimiento correctivo recomendado se logrará aumentar la producción en 150 Tn/mes debido al aumento de la eficiencia y eficacia de producción a conseguir en 10 de las 13 máquinas extruroras.

CAPITULO IV

ESTUDIO FINANCIERO – ECONOMICO

4.1 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO FINANCIERO-ECONÓMICO

En este estudio vamos a detallar los costos directos, operativos y financieros. Se calculará el punto de equilibrio operativo. Adicionalmente se evalúan los valores actuales netos y tasas internas de retorno tanto económico como financiero, no sin antes presentar los flujos de caja y estimar el tiempo de retorno del capital.

4.1.1 Costos directos

Los costos directos son los que dependen de la cantidad de mangas producidas. Están directamente relacionados con la cantidad de producción.

En la siguiente tabla presentamos los costos directos encontrados:

Tabla 4.1 Costos directos

CONCEPTO	COSTO UNITARIO (\$/kg)	PRODUCCION ENCONTRADA (kg/mes)	COSTO TOTAL (\$/mes)
MAT. PRIMA	1.9015	450,000	855,675
MANO DE OBRA	0.0540	450,000	24,300
ENERGIA ELÉCTRICA	0.1260	450,000	56,700
COSTOS DIRECTOS TOTALES			936,675

Se desprende que el costo directo unitario es de 2.0815 \$/kg.

4.1.2 Costos operativos

Estos costos están compuestos por los costos administrativos, los costos de ventas, los costos de servicios generales y todos los restantes referidos estrictamente a la operación de la empresa, sin incluir los financieros.

En la siguiente tabla presentamos los costos directos encontrados:

Tabla 4.2 Costos operativos

CONCEPTO	COSTO TOTAL (\$/mes)
PERSONAL ADMINISTRATIVO	38,035
PERSONAL TECNICO	43,468
MANTENIMIENTO	218
SEGURIDAD	1,500
SERVICIOS GENERALES	100
COSTOS DIRECTOS TOTALES	83,321

4.1.2.1 Punto de equilibrio operativo

Siendo el precio de venta sin I.G.V. 2.4130 \$/kg, y habiendo estimado el costo total directo en 2.0815 \$/kg, la diferencia es el margen de contribución unitario cuyo valor es 0.3315 \$/kg.

Si dividimos los costos totales operativos (83,321 \$/mes), entre el margen de contribución unitario (0.3315 \$/kg) tendremos el punto de equilibrio operativo cuyo valor resulta ser 251,345.39 kg/mes. Esto significa que para cubrir los costos operativos encontrados se necesita una producción de 251.35 Toneladas por mes. Siendo la producción encontrada de 450 Tn/mes, entonces el 55.78% de la producción se dedica a la cobertura del costo administrativo, de ventas y servicios generales.

4.1.3 Incremento de los costos directos

Al proyectar los mantenimientos y la automatización para llevar la producción de 450 Tn/mes a 600 Tn/mes, se incurrirá en mayores costos directos, los cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla 4.3 Costos directos proyectados

CONCEPTO	COSTO UNITARIO (\$/kg)	PRODUCCION ENCONTRADA (kg/mes)	COSTO TOTAL (\$/mes)
MATERIA PRIMA	1.9015	600,000	1,140,900
MANO DE OBRA	0.0540	600,000	32,400
ENERGIA ELÉCTRICA	0.1260	600,000	75,600
COSTOS DIRECTOS TOTALES			1,248,900

El costo directo específico proyectado permanece constante en 2.0815 \$/kg.

4.1.4 Incremento de los costos operativos

También el aumento de la producción de 450 Tn/mes a 600 Tn/mes implica mayores costos operativos, los cuales se indican a continuación:

Tabla 4.4 Costos operativos proyectados

CONCEPTO	COSTO TOTAL (\$/mes)
PERSONAL ADMINISTRATIVO	38,035
PERSONAL TECNICO	43,468
MANTENIMIENTO	218
SEGURIDAD	1,500
SERVICIOS GENERALES	100
DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS	4,200
ALQUILER LOCAL	2,000
COSTOS OPERATIVOS TOTALES	89,521

Siendo el precio de venta sin I.G.V. 2.4130 \$/kg, y habiendo estimado el costo total directo proyectado en 2.0815 \$/kg, la diferencia es el margen de contribución unitario cuyo valor es 0.3315 \$/kg.

Si dividimos los costos totales operativos proyectado (89,521 \$/mes), entre el margen de contribución unitario proyectado (0.3315 \$/kg) tendremos el punto de equilibrio operativo proyectado cuyo valor resulta ser 270,048.26 kg/mes. Esto significa que para cubrir los costos operativos proyectados encontrados se necesita una producción de 270 Toneladas por mes. Siendo la producción proyectada de 600 Tn/mes, entonces el 45% de la producción se dedicaría a la cobertura del costo administrativo, de ventas y servicios generales.

4.1.5 Consideraciones de financiamiento

El financiamiento está fijado de la siguiente manera:

Interés nominal = $i = \text{nominal} = i = 4\%$ mensual

Condición del crédito = compuesto

Amortización = al final del 7mo. Mes

Período de gracia = dos meses

4.1.6 Flujo de saldos económicos y financieros

Los saldos económicos resultas de sumar los ingresos y egresos sin considerar los egresos financieros.

Los saldos económicos se muestran en la tabla 4.5 y 4.6 respectivamente:

Tabla 4.5 Flujo de saldos económicos

CONCEPTO	MES							
	0	1	2	3	4	5	6	7
INVERSION	-180	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS	0	1,448	1,448	1,448	1,448	1,448	1,448	1,448
EGRESOS	0	-1,338	-1,338	-1,338	-1,338	-1,338	-1,338	-1,338
SALDO Econ.	-250	109	109	109	109	109	109	109

Unidades: miles de dólares

De dicha tabla se desprenden el Valor Actual Neto Económico y la Tasa Interna de Retorno económica. Estos valores son los siguientes:

$$V.A.N.e = S/. 295,130.65$$

$$T.I.R.e = 53.676\%$$

Tabla 4.5 Flujo de saldos financieros

CONCEPTO	MESES							
	0	1	2	3	4	5	6	7
SALDO INICIAL	-180							
INGRESOS	0	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448
EGRESOS	0	-1338	-1338	-1338	-1338	-1338	-1338	-1338
INTERESES	0	-14	-30	-47	-65	-84	-106	-57
SALDO Final	-180	95	79	63	44	25	4	53

Unidades: miles de dólares

De dicha tabla se desprenden el Valor Actual Neto Financiero y la Tasa Interna de Retorno financiera. Estos valores son los siguientes:

$$V.A.N.f = S/. 136,343.86$$

$$T.I.R.f = 29.9981\%$$

La relación entre el TIR_e y el TIR_f es 1.78, lo que significa que existe un margen potencial de cobertura económica relativa del orden de 78%, lo que hace atractivo el financiamiento.

4.1.7 Proyección del tiempo de repago del financiamiento

Para estimar el tiempo en el que exista la posibilidad de cancelar el financiamiento en las condiciones pactadas, se ha elaborado el siguiente Flujo de Caja Financiero.

Tabla 4.6 Flujo de caja financiero

CONCEPTO	MESES							
	0	1	2	3	4	5	6	
SALDO Inicial	-180	-180	-85	-6	57	102	126	130
INGRESOS	0	1,448	1,448	1,448	1,448	1,448	1,448	1,448
EGRESOS	0	-1,338	-1,338	-1,338	-1,338	-1,338	-1,338	-1,338
INTERESES	0	-14	-30	-47	-65	-84	-106	-57
SALDO Final	-180	-85	-6	57	102	126	130	183

Unidades: miles de dólares

En el flujo presentado se observa que luego de siete meses el saldo de caja es de 183M\$, monto mayor a 180M\$ que es el préstamo necesario para la inversión. Entonces se concluye que al término del 7^{mo}. mes se puede amortizar el monto principal de la deuda y saldar todo concepto financiero.

4.1.8 Conclusión del Estudio Financiero-Económico

Como conclusión del estudio financiero económico se muestran los resultados siguientes en la tabla 4.8:

Tabla 4.6 Resultados financieros económicos

Nº	INDICADOR	RESULTADO
1	Inversión	180 000 \$
2	Interés	4 %/mes Compuesto Pago del principal a los 7 meses
3	VANe	S/. 295,130.65
4	TIRe	53.676%
5	VANf	S/. 136,343.86
	TIRf	29.9981%
6	Elasticidad Eco- Financ.	1.78
7	Tiempo amortización total de deuda	7 meses
8	Beneficio/Costo f	75.75%
9	Beneficio/Costo e	163.96%

Es proyecto es viable al alto grado de financiamiento, recuperación a corto plazo, relación beneficio/costo conveniente y confiable, recomendase su ejecución.

Adicionalmente, el proyecto permite tomar una decisión con sustento técnico, con un buen costo de oportunidad, propicia el crecimiento marginal, incentivo el desarrollo, mejora el bienestar organizacional, se propicia el desarrollo de la capacidad de producción de bienes y ayuda mantener los precios competitivos y vigentes.

CAPITULO V

PLAN DE EJECUCIÓN

5.1 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

5.1.1 Descripción

Al llegar a la fase de Ejecución del Proyecto, en el caso de que finalmente sea adoptado y decidido por la Dirección de la empresa, debe estar perfectamente establecido el plan de ejecución del proyecto para conocer cronológicamente las metas que se irán cumpliendo de modo que el proyecto se implemente sin contratiempos.

El plan de ejecución proyectado se muestra en la tabla 5.1:

Una apreciación preliminar sugiere que la automatización de la planta de producción debe realizarla un contratista externo con la participación. Como jefe del proyecto estará un miembro del equipo de producción de la empresa Plásticos Rey S.A.C. para efectos de tener el control de la obra.

5.1.2 Metas

Las metas concretas a obtener, si se materializa este proyecto, son:

Puesta en servicio de la automatización para el área de producción en el tiempo previsto desde la firma del contrato.

- Funcionamiento óptimo de los equipos instalados, con capacidad de entregar hasta el 35 % de capacidad de producción adicional según lo requerido y planeado.
- Recepción de manos de los contratistas de la documentación técnica completa del funcionamiento de la automatización en cuestión en el área de producción en el plazo fijado.
- Capacitación y Adiestramiento al 100 % del personal que operará la planta automatizada.
- Entrega del plan de Mantenimiento completo de los equipos de la planta automatizada, por los contratistas

5.1.3 Alcance

Es importante que queden bien definidos los alcances y límites de las instalaciones a efectuar, sobre todo por razones de seguridad.

- Instalaciones y conexiones referidas al área de producción de la planta.
- Acondicionamiento de las instalaciones y equipos actuales para las

nuevas condiciones de operación.

- Entrenamiento en seguridad para el personal que operara los nuevos equipos.
- Documentación de la automatización de los equipos de la planta.

5.1.4 Plan de Comunicación

En la planta industrial moderna es cada vez más importante la calidad de las comunicaciones entre la Dirección y los Contratistas. La información debe ser abundante, oportuna y fidedigna. Por ello debe tenerse en cuenta los siguientes parámetros básicos:

- Acuerdo de los contratistas con la gerencia general de planta en reunión de inicio de la automatización (kick off).
- Reuniones semanales de avance del gerente de producción, gerente de planta y los contratistas.
- Boletín de avance quincenal a todo el personal de planta.
- Afiches en tablero de información de las ventajas que brindara la automatización a todo el personal.
- Inauguración puntual en fecha prevista en el contrato.

CONCLUSIONES

Considerando las deducciones obtenidas en cada estudio realizado y que se indican en los cuatro puntos siguientes:

1º Respecto al mercado:

- a) Asumiendo condiciones de crecimiento pesimista es posible poder participar en el mercado con una producción adicional de 33.3% respecto a la actual (450 Tn/mes), lo que hace que se podría ofrecer 600 Tn/mes en forma sostenible durante una proyección de tres años.
- b) Del mismo modo, asumiendo condiciones de crecimiento optimista es posible poder participar en el mercado con una producción adicional de 55.5% respecto a la actual (450 Tn/mes), lo que hace que se podría ofrecer 700 Tn/mes en forma sostenible durante una proyección de tres años

2º Respecto a lo técnico:

- a) Por efectos de la automatización recomendada se logrará aumentar la producción en 3.5 Tn/mes y adicionalmente mejorará la calidad del producto ofrecido y tendrá estándares internacionales.
- b) Por efectos del mantenimiento correctivo recomendado se logrará aumentar la producción en 150 Tn/mes debido al aumento de la eficiencia y eficacia de producción a conseguir en 10 de las 13 máquinas extrusoras.

3º Respecto a la parte financiera- económica:

Se han evaluado los siguientes indicadores:

Nº	INDICADOR	RESULTADODO
1	Inversión	180 000 \$
2	Interés	4 %/mes Compuesto Pago del principal a los 7 meses
3	VANe	S/. 295,130.65
4	TIRe	53.676%
5	VANf	S/. 136,343.86
	TIRf	29.9981%
6	Elasticidad Eco- Financ.	1.78
7	Tiempo amortización total de deuda	7 meses
8	Beneficio/Costo f	75.75%
9	Beneficio/Costo e	163.96%

4º Respecto al cronograma de implementación:

Se establece como tiempo de implementación el tiempo de 12 semanas.

Se concluye o postula la siguiente tesis:

“Es posible automatizar el sistema de control del proceso de extrusión de mangas de polietileno de la planta de 450 Tn/mes, de modo que se aumente la producción en 33.3%.”

RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente.

- Que la empresa Plásticos Rey S.A.C. designe un jefe del proyecto de implementación de sistemas automatizados.
- Que se implemente el proyecto

BIBLIOGRAFIA

- [1] ARACIL, Javier, **Introducción a la Automática integrada**. Editorial Alhambra, Madrid, España, 1986,
- [2] BROIDA Víctor, **Automatización, regulación automática y Servomecanismos** Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1975.
- [3] ESPINOZA, Julio. **Reemplazo de equipos: un enfoque de mantenimiento**. En: Revista Mantenimiento, N° 1. CIUDAD, 1990.
- [4] GREENE, JAMES, H., **Planeamiento y Control de Producción**. Editorial El Ateneo, Buenos Aires.
- [5] MITACC MEZA MÁXIMO., **Tópicos de Inferencia Estadística**. Editorial San Marcos, Lima, 1995
- [6] RAY, Thomas. **Development of an Approach to Facilitate Optimal Equipment Replacement**. En: Summary of Report 329, 1999. Louisiana State University.
- [7] SALINAS ORTIZ, José., **Análisis de decisiones en entornos inciertos, cambiantes y complejos**. Editorial de la Universidad Del Pacífico, Lima, Perú 1996,
- [8] SAPAG CHAIN Nassir, **Criterios de Evaluación de Proyectos. Como medir la rentabilidad de las inversiones**, Serie McGraw-Hill de Management, Madrid 2002.
- [9] SELIVANOV, I.A. **Fundamentos de la teoría del envejecimiento de las máquinas**, Editorial Mir, Moscú 1972.
- [10] SHERMAN, R. E., **Analytical Instrumentation**. Editorial Instrument Society of America (ISA), North Carolina USA, 1996,
- [11] SMITH, CARLOS, A., CORRIPIO, ARMANDO, **Control Automático de**

procesos. 991

[12] WALKER, John. **Graphical analysis for machine replacement: A case study.** En: International Journal of Operations & Production Management Tomo 14, N° 10; p. 54. 1994.