

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LA AGLUTINADORA DE POLIETILENO  
DE LA EMPRESA NEW POLYMER PARA LA ELABORACIÓN DE BOLSAS  
PLÁSTICAS**

**LOLYMAR MENDOZA BARRIOS**

**REYNELL RAMÍREZ COLL**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA**

**CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.**

**2002**

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LA AGLUTINADORA DE POLIETILENO  
DE LA EMPRESA NEW POLYMER PARA LA ELABORACIÓN DE BOLSAS  
PLÁSTICAS**

**LOLYMAR MENDOZA BARRIOS**

**REYNELL RAMÍREZ COLL**

Trabajo de grado presentado como  
requisito para optar el título de  
Ingenieros Mecánicos.

Director  
**FELIX JULIO RADA**  
Ingeniero Mecánico

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA**

**CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.**

**2002**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Cartagena de Indias D.T y C., 23 de abril del 2002



ARTICULO 105.

**La institución se reserva el derecho de propiedad Intelectual de todos los trabajos de grado aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.**



Cartagena de Indias D.T. y C. Abril 24 del 2002

Señores:

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
CONCEJO DE FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA  
Ciudad.**

Estimados señores:

Con respeto nos dirigimos a Ustedes para hacer entrega de la Tesis de Grado que lleva por titulo: **REDISEÑO Y OPTIMIZACION DE LA AGLUTINADORA DE POLIETILENO DE LA EMPRESA NEW POLYMER PARA LA ELABORACIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS.**, como requisito para optar él titulo de Ingenieros Mecánicos.

**Esperamos que este proyecto sea de su total agrado**

**Agradecemos su amable atención,**

---

**LOLYMAR MENDOZA BARRIOS  
CC. 45.687.577 Cartagena  
Código 97 03 851**

---

**REYNELL RAMÍREZ COLL  
CC. 7.919.721 Cartagena  
Código 97 03 005**

---

A Dios, quien me  
acompaña a cada  
instante de mi vida, y  
es guía a cada  
momento y cada  
hora.

A mis padres, mis  
hermanos, por el  
amor sin condiciones,  
el apoyo constante y  
su paciencia en  
todos los momentos  
de mi vida.

A mis amigos por el  
cariño y  
colaboración que  
siempre me  
brindaron.

A mi novia, por creer  
en mi y darme aliento  
a lo largo del la vida.

Reynell Ramírez Coll

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Hugo Redondo, Ingeniero Químico, por permitirnos elaborar este proyecto en su empresa y por su paciencia a la hora de explicarnos los procesos productivos de la compañía.

Natasha Márquez Pérez, Secretaria de la empresa New Polymer, por su total disposición para brindarnos la información requerida.

Alfredo Pájaro Acevedo, Supervisor, por toda la colaboración brindada al darnos disponibilidad de la máquina aglutinadora.

Antonio Pájaro Acevedo, Operario de la máquina aglutinadora, por el tiempo brindado para realizar los ensayos y observaciones de la máquina.

Cristóbal Martínez, Operario de la máquina aglutinadora, por el tiempo brindado para realizar los ensayos y observaciones de la máquina.

William Gonzáles, Ingeniero Eléctrico, Por sus comentarios en la solución de nuestras dudas y su buena disposición a la hora de ayudarnos.

Félix Julio Rada, Ingeniero Mecánico, por su disposición al brindarnos asesoría a lo largo de nuestro proyecto.

Luis Escorcía, Ingeniero Eléctrico, por su colaboración en todos los aspectos correspondientes a la información suministrada para la elaboración de este proyecto.

Mónica Tinoco Otero, Ingeniera Mecánica, por la ayuda brindada al suministrarnos información vital sobre aislantes para realizar nuestro proyecto.

Yojaira Ramírez Coll, Ingeniera Industrial, por la información suministrada en la forma de redactar nuestro proyecto .

A todo el personal de la empresa New Polymer Por su colaboración, paciencia y contribución al logro del desarrollo de nuestros objetivos.

Y muy especialmente a los docentes de la CUTB, quienes a diario nos brindan conocimientos a nosotros los estudiantes, por su dedicación y esfuerzo en el desarrollo de esta tarea y por todos los beneficios personales logrados en los autores de este proyecto.

### **LISTA DE TABLAS**

	Pág.
Tabla 1. Propiedades típicas de algunos materiales.	118
Tabla 3. Factores de servicio.	131
Tabla 4. Resistencia de los Polietilenos.	127
Tabla 6. Datos de constantes y variables.	143
Tabla 7. Coeficiente de arco de contacto $K\theta$ .	135
Tabla 8. Corrección de longitud $Kl$ .	136
Tabla 9. Comparación de costos y gastos.	172

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Propiedades y usos de algunos plásticos.	65
Cuadro 2. Horario de los turnos de trabajo de la aglutinadora.	107
Cuadro 3. Características del motor de la aglutinadora.	114
Cuadro 4. Datos de la aglutinadora.	117
Cuadro 5. Características del motor hallado.	122
Cuadro 6. Dimensiones de las poleas y correas trapezoidales industriales.	133
Cuadro 7. Capacidad de producción de la máquina antes del rediseño.	154
Cuadro 8. Capacidad de producción de la máquina después del rediseño.	155
Cuadro 9. Producción por hora de la máquina después del rediseño.	156
Cuadro 10. Especificaciones del material aislante.	147
Cuadro 11. Producción del mes de abril.	167
Cuadro 12. Producción mes de marzo	166
Cuadro 13. Espesores recomendables de aislantes	148

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Radicales libres.	27
Figura 2. Moléculas iniciadoras del proceso de polimerización.	28
Figura 3. Etapa de iniciación.	29
Figura 4. Reacciones en cadena.	30
Figura 5. Fase de acoplamiento.	31
Figura 6. Reacción de terminación por desproporción.	32
Figura 7. Enlace doble formado por el segundo par.	33
Figura 8. Molécula de polietileno.	35
Figura 9. Celuloide, primer plástico creado.	44
Figura 10. Adornos de baquelita, primeros colores.	46
Figura 11. Baquelita, usada para accesorios eléctricos por su poca Conductividad.	47
Figura 12. Polipropileno.	49
Figura 13. PVC.	50
Figura 14. Teflón.	51

Figura 15. Vasos plásticos fabricados en poliestireno.	51
Figura 16. Polietileno.	52
Figura 17. Desechos plásticos.	58
Figura 18. Plásticos, contaminantes tóxicos.	60
Figura 19. Usos del plástico en la sociedad moderna	61
Figura 20. Insul quick.	145
Figura 21. Cuchillas móviles acopladas al eje.	109
Figura 22. Motor y poleas	138



## LISTA DE GRÁFICAS

	Pag.
Gráfica 1. Esquema del recorrido de materia prima para fabricar bolsas en la Empresa New Polymer.	25
Gráfica 3. Vista frontal del sistema de cuchillas.	110
Gráfica 4. Cuchillas fijas.	112
Gráfica 5. Selección de la sección transversal de las correas.	130
Gráfica 6. Vista frontal de la cuchilla rediseñada	127

**LISTA DE ANEXOS**

	Pag.
Anexo A. Valores de dimensiones de poleas y correas según tipo	179
Anexo B. Correa en V, sección transversal.	180
Anexo C. Dimensiones estándar en , del canal de las poleas acanaladas	181
Anexo D. Aglutinadora de polietileno	182
Anexo E. Base de la aglutinadora	183
Anexo F. Contenedor de la aglutinadora	184
Anexo G. Aislante térmico de la aglutinadora	185
Anexo H. Cuchillas antes del rediseño	186
Anexo I. Cuchillas rediseñadas	187
Anexo J. Portacuchillas	188

## GLOSARIO

**CALOR:** es una forma de energía anotado en unidades como BTU, calorías y horas/wattios.

**FLUJO DE CALORr:** (Q) es la velocidad con que el calor se mueve de un área de temperatura más alta a un área de temperatura más baja.

**RESISTENCIA TÉRMICA (R):** ES aquella propiedad de un material que se opone a la transferencia de calor y se aplica al espesor dado o una combinación de materiales.

**TRANSFERENCIA DE CALOR:** es el movimiento de energía térmica de una temperatura más alta a una más baja, puede ser por conducción, convección o radiación.

**CONDUCCIÓN:** es la transferencia de calor por el contacto molecular directo, el cual ocurre dentro de un material o dos materiales que estén juntos.

**AISLANTE TÉRMICO:** material que reduce el flujo de energía térmica.

Aglutinar: Ligarse entre si fragmentos o corpúsculos de la misma o diversa naturaleza.

PLÁSTICOS: son polímeros, es decir, compuestos constituidos por grandes moléculas (macromoléculas), formadas por la unión de moléculas más sencillas que se repiten una y otra vez.

TERMOFIJOS: son plásticos que una vez moldeados no pueden modificar su forma. Los más comunes son la baquelita de los enchufes hogareños.

ENLACE DE HIDROGENO: Como en las poliamidas (nylon), estas interacciones son tan fuertes, que una fibra obtenida con estas poliamidas tiene resistencia tensil mayor que la de una fibra de acero de igual masa.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOLSAS DE LA EMPRESA NEW POLYMER	18
1.1 OBJETIVOS DE LA EMPRESA	18
1.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS BOLSAS PLÁSTICAS	19
2. MATERIA PRIMA	26
2.1 OBTENCIÓN DE LOS POLIMEROS	26
2.2 OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA E INSUMOS UTILIZADOS EN EL EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN	36
2.2.1 Polietilenos recuperados de alta densidad	37
2.2.2 Polietilenos recuperados de baja densidad	38
2.2.3 Polietilenos recuperados de alta densidad color	38
2.2.4 Polietilenos recuperados de baja densidad color	39
2.2.5 Polietilenos recuperados pigmentados	40
2.2.6 Polietilenos recuperados revueltos	40
2.2.7 Obtención del polietileno recuperado	41
3. CLASIFICACIÓN DE LAS PELÍCULAS DE MATERIAL RECUPERADO	42
3.1 TIPOS	42

3.2 GRADOS	42
3.3 ACABADOS	42
4. PLÁSTICOS	43
4.1 HISTORIA DE LOS PLÁSTICOS	43
4.1.1 Desarrollo de los plásticos	48
4.1.2 La expansión de los plásticos	54
4.1.3 Los Plásticos como desechos	58
4.1.3.1 La Toxicidad de los plásticos	59
4.1.4 Plásticos y sociedad	61
4.2 PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS	62
4.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS	66
4.3.1 Plásticos Termoestables	66
4.3.1.1 Alquidos	67
4.3.1.1.1 Nombres Comerciales	67
4.3.1.1.2 Propiedades del Material	67
4.3.1.1.3 Procesos de Fabricación	67
4.3.1.1.4 Materias Primas del Material	67
4.3.1.1.5 Aplicaciones	68
4.3.1.2 Alílicos	68
4.3.1.2.1 Nombres Comerciales	68
4.3.1.2.2 Propiedades del Material	68
4.3.1.2.3 Procesos de Fabricación	68

4.3.1.2.4	Materias Primas del Material	69
4.3.1.2.5	Aplicaciones	69
4.3.1.3	Aminos (Urea y Melaminaformaldehido)	69
4.3.1.3.1	Nombres Comerciales	69
4.3.1.3.2	Propiedades del Material	70
4.3.1.3.3	Procesos de Fabricación	70
4.3.1.3.4	Materias Primas del Material	70
4.3.1.3.5	Aplicaciones	70
4.3.1.4	Epoxis	71
4.3.1.4.1	Nombres Comerciales	71
4.3.1.4.2	Propiedades del Material	71
4.3.1.4.3	Procesos de Fabricación	71
4.3.1.4.4	Materias Primas del Material	71
4.3.1.4.5	Aplicaciones	72
4.3.1.5	Fenólicos (Fenol-Formaldehido y Furfural)	72
4.3.1.5.1	Nombres Comerciales	72
4.3.1.5.2	Propiedades del Material	72
4.3.1.5.3	Procesos de Fabricación	73
4.3.1.5.4	Materias Primas del Material	73
4.3.1.5.5	Aplicaciones	73
4.3.1.6	Poliésteres	73

4.3.1.6.1	Nombres Comerciales	73
4.3.1.6.2	Propiedades del Material	74
4.3.1.6.3	Procesos de Fabricación	74
4.3.1.6.4	Materias Primas del Material	74
4.3.1.6.5	Aplicaciones	75
4.3.2	Plásticos termoplásticos.	75
4.3.2.1	Abs ( acrilonitrilo-butadieno-etireno)	77
4.3.2.1.1	Nombres comerciales	77
4.3.2.1.2	Propiedades del material	77
4.3.2.1.3	Procesos de fabricación	78
4.3.2.1.4	Materias primas del material	78
4.3.2.1.5	Aplicaciones	78
4.3.2.2	Acetales	79
4.3.2.2.1	Nombres comerciales	79
4.3.2.2.2	Propiedades del material	79
4.3.2.2.3	Procesos de fabricación	79
4.3.2.2.4	Materias primas del material	80
4.3.2.2.5	Aplicaciones	80
4.3.2.3	Acrílicos (etil y metil metacrilato)	81
4.3.2.3.1	Nombres comerciales	81
4.3.2.3.2	Propiedades del material	81
4.3.2.3.3	Procesos de fabricación	82



4.3.2.3.4	Materias primas del material	82
4.3.2.3.5	Aplicaciones	82
4.3.2.4	Celulósicos (celulosa acetato, celulosa, propianato, etil celulosa)	83
4.3.2.4.1	Nombres comerciales	83
4.3.2.4.2	Propiedades del material	83
4.3.2.4.3	Procesos de fabricación	84
4.3.2.4.4	Materias primas del material	84
4.3.2.4.5	Aplicaciones	84
4.3.2.5	Fluoroplásticos: fluorocarbones, fluoropolimeros, resinas ctfe.	85
4.3.2.5.1	Nombres comerciales	85
4.3.2.5.2	Propiedades del material	86
4.3.2.5.3	Procesos de fabricación	86
4.3.2.5.4	Materias primas del material	86
4.3.2.5.5	Aplicaciones	87
4.3.2.6	Ionómeros	87
4.3.2.6.1	Propiedades del material	87
4.3.2.6.2	Procesos de fabricación	88
4.3.2.6.3	Materias primas del material	88
4.3.2.6.4	Aplicaciones	88
4.3.2.7	Fenoxis (fenoleno base oxido )	89
4.3.2.7.1	Nombres comerciales	89

4.3.2.7.2	Propiedades del material	89
4.3.2.7.3	Procesos de fabricación	89
4.3.2.7.4	Materias primas del material	90
4.3.2.7.5	Aplicaciones	90
4.3.2.8	Poliámidas	90
4.3.2.8.1	Nombres comerciales	90
4.3.2.8.2	Propiedades del material	90
4.3.2.8.3	Procesos de fabricación	91
4.3.2.8.4	Materias primas del material	91
4.3.2.9	Policarbonatos	92
4.3.2.9.1	Nombres comerciales	92
4.3.2.9.2	Propiedades del material	92
4.3.2.9.3	Procesos de fabricación	93
4.3.2.9.4	Materias primas del material	93
4.3.2.9.5	Aplicaciones	93
4.3.2.10	Poliésteres	94
4.3.2.10.1	Nombres comerciales	94
4.3.2.10.2	Propiedades del material	94
4.3.2.10.3	Procesos de fabricación	94
4.3.2.10.4	Materias primas del material	94
4.3.2.10.5	Aplicaciones	95
4.3.2.11	Polietileno	95

4.3.2.11.1	Nombres comerciales	95
4.3.2.11.2	Propiedades del material	95
4.3.2.11.3	Procesos de fabricación	96
4.3.2.11.4	Materias primas del material	96
4.3.2.11.5	Aplicaciones	96
4.3.2.12	Polimidas	97
4.3.2.12.1	Nombres Comerciales	97
4.3.2.12.2	Propiedades del Material	97
4.3.2.12.3	Procesos de Fabricación	97
4.3.2.12.4	Materias Primas del Material	97
4.3.2.12.5	Aplicaciones	98
4.3.2.13	Polipropileno	98
4.3.2.13.1	Nombres comerciales	98
4.3.2.13.2	Propiedades del material	98
4.3.2.13.3	Procesos de fabricación	99
4.3.2.13.4	Materias primas del material	99
4.3.2.13.5	Aplicaciones	99
4.3.2.14	Poliestirenos	99
4.3.2.14.1	Nombres comerciales	99
4.3.2.14.2	Propiedades del material	100
4.3.2.14.3	Procesos de fabricación	100

4.3.2.14.4	Materias primas del material	100
4.3.2.14.5	Aplicaciones	100
4.3.2.15	Polisulfonas	101
4.3.2.15.1	Nombres comerciales	101
4.3.2.15.2	Propiedades del material	101
4.3.2.15.3	Procesos de fabricación	101
4.3.2.15.4	Materias primas del material	102
4.3.2.15.5	Aplicaciones	102
4.3.2.16	Vinilos	102
4.3.2.16.1	Nombres comerciales	102
4.3.2.16.2	Propiedades del material	103
4.3.2.16.3	Procesos de fabricación	103
4.3.2.16.4	Materias primas del material	104
4.3.2.16.5	Aplicaciones	104
5.	CONDICIONES ACTUALES DE LA MÁQUINA DE TRABAJO	105
5.1	EJE PRINCIPAL	108
5.2	CUCHILLAS MOVILES	110
5.3	CUCHILLAS FIJAS	111
5.4	CONTENEDOR	112
5.5	MOTOR	113
5.6	POLEAS Y CORREAS	114
6.	REDISEÑO DE LA AGLUTINADORA	116

6.1 MOTOR.	116
6.2 EJE DE LA AGLUTINADORA.	123
6.3 CUCHILLAS DE CORTE.	125
6.4 POLEAS Y CORREAS.	128
6.4.1 Optimización y selección de las correas	129
6.4.2 Poleas	138
6.5 CONTENEDOR	140
6.6 AISLANTES TÉRMICOS	141
6.6.1 Insul-quick	145
6.6.1.1 Material aislante	145
6.6.1.2 Transmisión de calor	147
6.6.1.3 Diseño del molde aislante	148
6.6.2 Resistencia eléctrica	150
7. MANUAL DE OPERACIONES.	152
7.1 PRINCIPIO	152
7.2 CAPACIDAD.	153
7.3 VENTAJAS.	157
7.4 INSTRUCCIONES DE LA MÁQUINA	158
8. MANUAL DE MANTENIMIENTO.	160
8.1 MOTOR	160
8.2 EJE PRINCIPAL	162

8.3 POLEAS Y CORREAS	163
8.4 CONTENEDOR	164
9. EVALUACIÓN DE LA MÁQUINA.	165
9.1 COSTOS Y GANANCIAS DE PRODUCCIÓN	165
10. CONCLUSIONES.	173
RECOMENDACIONES.	177
BIBLIOGRAFÍA.	179
ANEXOS	180

## RESUMEN

El objetivo de nuestra tesis era rediseñar la aglutinadora de la empresa New polymer, teniendo en cuenta las propiedades del material a aglutinar y los principios básicos con los cuales se rige la operación de la máquina para luego aplicar los conocimientos en la mecánica, buscando de esta manera aumentar la eficiencia de la aglutinadora y por lo tanto mejorar la producción, aumentando las ganancias de la máquina.

El tipo de investigación a utilizar es experimental. Se eligió este tipo de investigación, ya que a través de ella se rediseño una máquina comprobando experimentalmente los resultados obtenidos, evaluando su desempeño y de esta manera mejorar así su rendimiento.

Para su desarrollo, en primera instancia se realizó un conocimiento general de la máquina y de las condiciones en que trabajaba actualmente, también se investigo sobre el material a aglutinar, de este se necesitaban sus propiedades y características, ya que esto influiría en nuestro diseño.

Después de obtener y clasificar todos los datos y parámetros necesarios, se procedió a la verificación del rediseño de la maquinaria, partimos de esta suposición, luego de investigar e indagar en empresas dedicadas a la misma actividad, con las personas encargadas de las máquinas aglutinadoras, encontramos una gran variedad de tamaños y capacidades de las aglutinadoras, pero para las condiciones que manejábamos en la empresa New Polymer, podíamos suponer que se presentaba un sobrediseño, que mas tarde, mediante

cálculos mecánicos, se comprobó esta suposición, ya que se procedió a evaluar todas las partes de la máquina aglutinadora, comprobando de estas, su diseño y se cumple o no con los parámetros necesarios para un buen funcionamiento de la maquina dadas las condiciones de trabajo.

Se procedió a aumentar el rendimiento de esta, mediante el rediseño apropiado de las cuchillas de corte, lo que aumento de manera considerable la capacidad de la máquina y al mismo tiempo disminuía el tiempo necesario para efectuar el proceso.

Mediante estudios se diseñó un sistema aislante para la máquina, para evitar las pérdidas de potencia de la máquina representada en el calor que esta cedía a la atmósfera o al medio, al mismo tiempo se conservaba mas el calor, haciendo más óptimo el proceso. El diseño del aislante se elaboró de tal forma que este se fuera adaptando a la forma de la máquina, además del ahorro de energía o potencia, se protegía al trabajador que tiene que estar expuesto al calor que la máquina cede, por periodos largos de tiempo.

Todo esto mejoro el desempeño de la maquinaria con respecto al tiempo de trabajo y los consumos de energía, obteniéndose un incremento en las ganancias y disminuyendo los costos.



## INTRODUCCIÓN

El estudio del proceso para la utilización de plástico reciclado y la empresa que esto conforma son relativamente recientes ya que en un pasado no se tenía una cultura de reciclaje definida.

A partir de que el hombre se da cuenta de que los productos provenientes de materiales reciclados, son relativamente más bajo en costos que si se le produjera con material de primera mano; Es cuando decide investigar mas a fondo los plásticos sobre todo aquellos que tienen la propiedad de poder ser reutilizados nuevamente en un proceso, y es cuando surge el término de termoplástico.

La gran mayoría de los Plásticos utilizados industrialmente, en la época actual se derivan del petróleo, que es un combustible fósil que se halla depositado en las entrañas de la tierra.

El petróleo que es un recurso no renovable, se ha comprobado plenamente mediante estudios realizados que en un futuro, se agotará, poniendo en graves aprietos a la industria química encargada de extraer de él, el plástico; por tanto, si se recicla plásticos que ya hallan sido utilizados, se tendrá una economía no dependiente del mercado del petróleo, asegurando para este una mayor duración.

A nivel latinoamericano, la industria del reciclaje no está desarrollada, la experiencia es reducida, ya que los gobiernos no han mostrado interés en los temas referentes a utilización de materiales reciclados como: plásticos, cartón etc.

Apenas se empieza a aplicar el concepto de producción más limpia, que consiste en aprovechar al máximo los residuos producidos en una empresa, no solo del proceso, sino de la empresa en general, la cual es una de las herramientas últimamente más utilizadas para describir el correcto uso de los recursos.

En 1965 inicia operaciones petroquímica Colombiana, con una planta de polimerización para la producción de cloruro de polivinilo tipo suspensión, que sirve de materia prima a varios sectores industriales (tuberías para agua potable, envases, plásticos).

En septiembre de 1966 inicia la empresa Polymer, para producir empaques plásticos destinada especialmente a las plantaciones bananeras de Urabá; Actualmente no existe esta empresa.

Los plásticos son utilizados en las mas variada gama de aplicaciones gracias a su fortaleza, excelente resistencia a la corrosión, resistencia al agua, facilidad de fabricación y posibilidad de otorgar variados colores.

A nivel de ingeniería los plásticos han venido ocupando cada vez más un nivel especial, por ser productos con un alto desempeño, con propiedades físicas que le permite funcionar eficazmente por largos periodos bajo condiciones excepcionalmente exigentes. Entre estas condiciones se incluyen temperaturas elevadas, cargas eléctricas de alto voltaje y tensión, además de que en ocasiones se encuentran sometidos a fuertes ambientes químicos.

Un plástico es básicamente un material que contiene una sustancia orgánica de gran peso molecular como constituyente principal, es sólido en su estado final, y

en alguna parte de su fabricación, se puede formar mediante flujos. Los sintéticos son la mayor fuente de plásticos, seguido de cerca de los derivados de la celulosa.

# **1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOLSAS DE LA EMPRESA NEW POLYMER**

## **1.1 OBJETIVOS DE LA EMPRESA**

Cuando los materiales han sido procesados en la forma genérica presentan una mayor calidad, de esta manera son aptos para competir en cualquier mercado que exista para estos materiales, actualmente es posible recuperar polietileno de alta, baja densidad y cloruro de polivinilo PVC, con una calidad excelente que compite en el mercado con el material virgen.

En la empresa New Polymer, se tienen como objetivos finales la calidad y el cumplimiento, para satisfacer la necesidad del cliente, manteniendo de esta manera, buenas relaciones que le permitan a la empresa desarrollarse y seguir expandiéndose en el mercado Cartagenero.

La calidad es uno de los factores que hay que tener en cuenta cuando se van a procesar productos utilizados para el consumo humano, otro factor importante, es

el problema ecológico, los detergentes, las lejías, las medicinas, los insecticidas y una amplia gama de productos se envasan en diferentes tipos de recipientes pigmentados, la dificultad para eliminar este pigmento una vez ha sido fabricado hace que sea muy difícil reutilizarlos si no pueden unirse de una forma idéntica, en la empresa New Polymer se brinda una calidad y una hegemonía para satisfacer todas las necesidades del cliente.

## **1.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS BOLSAS PLÁSTICAS**

En la empresa New Polymer, donde se realiza este proyecto, el proceso tiene su inicio cuando el material es reciclado, debido a que el material viene con contaminantes se efectúa un riguroso proceso de limpieza, primero, se somete a una lavadora industrial, la cual tiene una capacidad para dos toneladas de material recuperado, luego cuando el material está limpio, es colocado al sol con el fin de secarlo, después de secado el material, se puede dar inicio a la labor de transformación. El material limpio y seco es llevado a una aglutinadora la cual posee unas cuchillas afiladas que cortan el material, debido a la fricción constante de las cuchillas con el material, la temperatura aumenta en el interior de la aglutinadora, de esta forma el material es chamuscado formando pequeños trozos de él, luego que se obtiene el material aglutinado, este se peletiza, esta operación se realiza en una extrusora que posee un molde el cual permite obtener un

material en forma de hilo, estos hilos después de salir del molde de extrusión son pasados a través de un tanque de agua con el fin de enfriarlo, cuando estos hilos están fríos son pasados a través de unos cilindros y por la acción de unas cuchillas, estos hilos son cortados.

El material obtenido es conocido como material peletizado, la máquina granuladora también permite la pigmentación de los materiales plásticos directamente durante el proceso de granulado, de manera que el pigmento se incorpora al material de manera homogénea, durante la parte de plastificación, lo que le impide el desprendimiento del mismo posteriormente, esto ayuda a la economía de las industrias que trabajan con materiales reciclados, ya que no quedan residuos en el cilindro de plastificación ni se desprenderán en lo siguiente del proceso.

El proceso final de transformación, se inicia con la llegada de la materia prima al almacén de esta, una vez en el almacén se proceden ordenes de producción en la cual están incluidas unas fórmulas para realizar las mezclas correspondientes y elaborar las cantidades de producto demandadas, la formula consiste en tomar productos o materia prima virgen que se consigue a un alto precio en el mercado y productos peletetizados (incluyendo colorantes), esto con el objetivo de disminuir los costos de producción, una vez preparada la mezcla que se desea, se procede a llevar a la extrusora, esta máquina trabaja con diversas temperaturas, las cuales

dependen básicamente del tipo de material que se va a fundir, transformando el material de un estado sólido a uno pastoso.

La mezcla final, se arroja en la tolva de la extrusora, este producto sólido sale por un anillo de salida en estado pastoso, en donde se le inyecta aire formando un globo de aire cerrado, y que posteriormente con presión de unos rodillos van dando forma a las películas plásticas.

Un desperdicio llamado torta, se forma durante el proceso, producido cuando comienza a salir el producto por anillo, cuando el material esta demasiado sucio se rompe el globo, el porcentaje de este desperdicio es casi nulo cuando la extrusora trabaja sin paradas en el proceso, aprox. se maneja un 3% por cada 26 Kg. de producto, esta torta se hace pasar después por una sierra donde es cortada en pedazos mas pequeños, allí el producto es pasado por un molino en donde se da un proceso de trituración quedando el producto completamente molido y luego es empacado en sacos y guardado en el almacén en donde es utilizado para la preparación de las mezclas correspondientes.

Pequeñas cantidades de torta no se pueden invertir en productos unidos debido a que darían costos elevados en mano de obra y energía, es por eso que se acumula un mínimo 500 Kg. Y con esa cantidad se procede a su respectivo procesamiento, este producto mientras está empacado debe permanecer limpio y seco, una vez

finalizado el proceso se obtiene un producto del proceso, en forma de rollos, y pequeñas cantidades de desperdicio en laminas y rollos, estos se presentan mas que todo en las paradas de la máquina o por sucio en el material, el desperdicio es llevado a una aglutinadora, cuyo objetivo es la de convertir las láminas en pequeñas laminillas o trocitos de laminas que se empacan y que mas adelante van al almacén como producto aglutinado y listo para ser utilizado en mezclas posteriores.

En el proceso de extrusión de película cortada, proveniente de la de resina de material recuperado, por ejemplo, el plástico fundido entra al molde o matriz ya sea por el fondo o lateralmente según el diseño del cabezal utilizado. Este es forzado alrededor de un mandril dentro de la matriz donde se le da la forma de manga o tubo, y finalmente es extruída por una abertura en la matriz en forma de anillo, dándole la forma de tubo, este tubo mientras está en estado fundido se expande en una burbuja, gracias a la presión de una corriente de aire que se insufla internamente por el centro y por el fondo del mandril, la cantidad de aire que se admite en la burbuja es la necesaria para cumplir el diámetro requerido, alcanzado este, se cierra la llave de expansión de aire, la burbuja que se forma esta encerrada por el fondo, por la matriz y por los rodillos de presión que la comprimen debidamente instalado en la parte superior de la máquina, los cuales sirven también como rodillos de arrastre, después de asegurar el diámetro de la



burbuja, se regulan el espesor de la misma mediante el ajuste y control de velocidad de los rodillos de arrastre, estos son los dos mecanismos que controlan el ancho y el calibre de la película soplada.

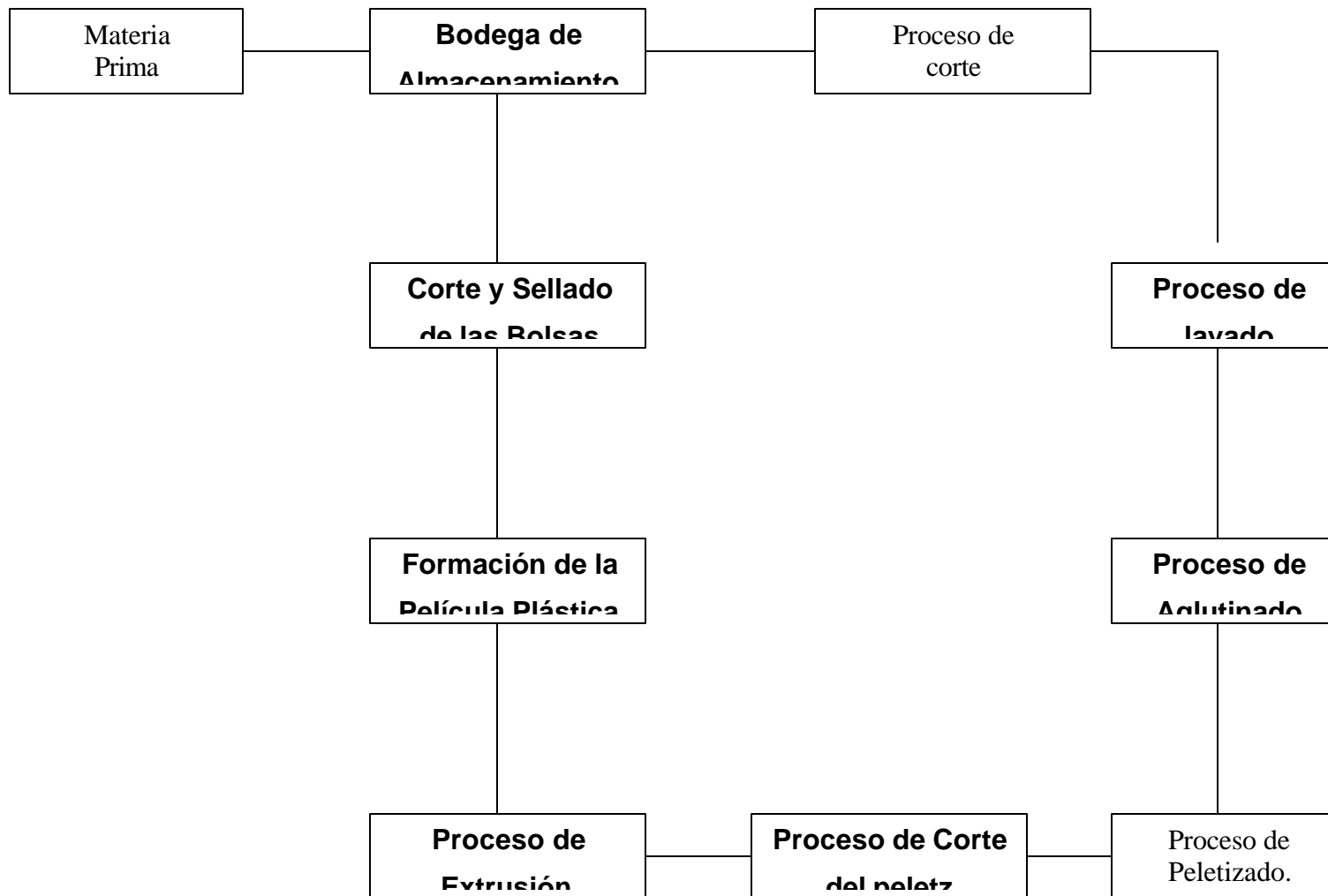
La presión del aire se mantiene dentro de la burbuja a una presión constante, esto con el objetivo de asegurar una uniformidad en el ancho y espesor de la película y también un enrollado parejo libre de arrugas, otros factores a controlar que afectan el espesor de la película, son: el volumen de la producción, velocidad de tiraje, la temperatura a lo largo del cilindro y la matriz.

El producto final del proceso, (rollos), en ocasiones pasa directamente al almacén donde son despachados como productos para la venta, otra parte se hace pasar por una selladora donde se corta las bolsas por medio de especificaciones establecidas.

Las máquinas industriales que realizan el sellado se les llama máquinas selladoras, estas máquinas pueden ser manuales, semiautomáticas y automáticas, de las cuales existen en el mercado infinidad de marcas, modelos, tamaños y capacidades.

En este proceso se coloca el rollo o bobina de película tubular impresa o sin impresión, de color natural o pigmentado, sobre la máquina de sellado, que ha sido con anterioridad graduada de manera que se logre el ancho y largo de la bolsa, estipulada para cada caso, para cada orden de pedido, estas máquinas están previstas con un reloj de avance automático que controla la cantidad producida, las bolsas Plásticas pueden presentar las siguientes formas de sellado: Sellado con solapa, sellado sin solapa, sellado de fondo sellado de fondo lateral, sellado lateral y otras mas. El sellado de fondo o sellado transversal es el cierre inferior y/o superior del tubular de plástico, el sellado longitudinal es la unión de los bordes de la película que conforman el tubular, esta unión es perpendicular a la líneas del sellado inferior y/o superior de la bolsa. En ellas se produce un producto terminado o bultos de pequeñas cantidades de desperdicio de bolsas y laminas que no superan el 2%, y que se presentan mas que todo por cambio de las especificaciones del producto terminado.

Este desperdicio se acumula con el de las láminas y rollos producidos en el proceso de trabajo, del cual pasan a la aglutinadora que lo convierte en producto aglutinado y empacado, y de allí pasa al almacén en donde es utilizado para mezclas posteriores. El producto terminado bruto pasa directamente al almacén en donde es despachado como producto para la venta. (Ver gráfica 1)



Gráfica 1. Esquema del recorrido de materia prima para fabricar Bolsas en la Empresa New Polymer.

## 2. MATERIA PRIMA

### 2.1 OBTENCIÓN DE LOS POLIMEROS

Una de las reacciones más comunes y útiles para la obtención de polímeros, es la polimerización por radicales libres, véase figura 1. Se emplea para sintetizar polímeros a partir de monómeros vinílicos, es decir, pequeñas moléculas conteniendo dobles enlaces carbono-carbono.

Entre los polímeros obtenidos por polimerización por radicales libres tenemos el poliestireno, el poli(metacrilato de metilo), el poli(acetato de vinilo) y el polietileno ramificado.

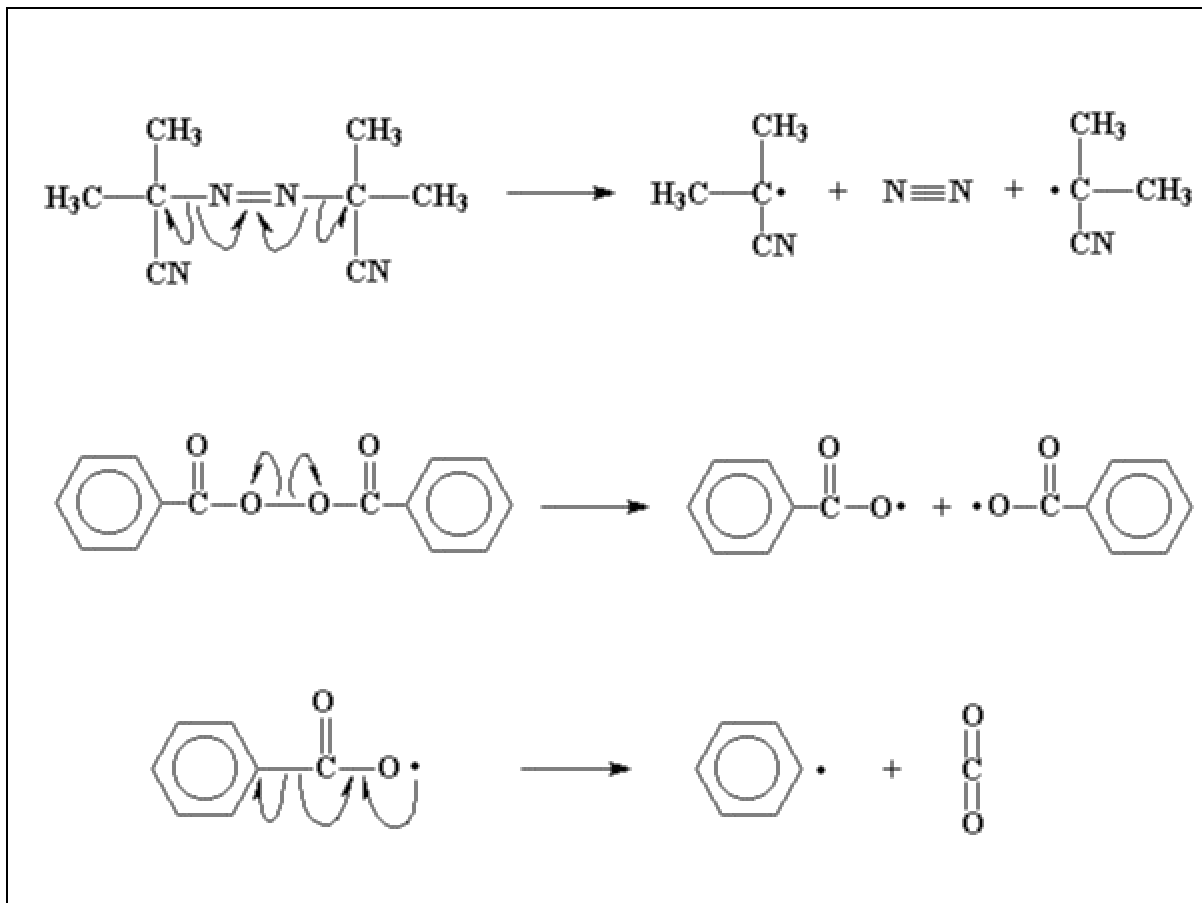


Figura 1. Radicales libres

El proceso comienza con una molécula llamada iniciador. Este puede ser por ejemplo el peróxido de benzoilo o el 2,2'-azo-bis-isobutirilnitrilo (AIBN), véase figura 2. estas moléculas, tienen la habilidad de escindirse de un modo bastante inusual.

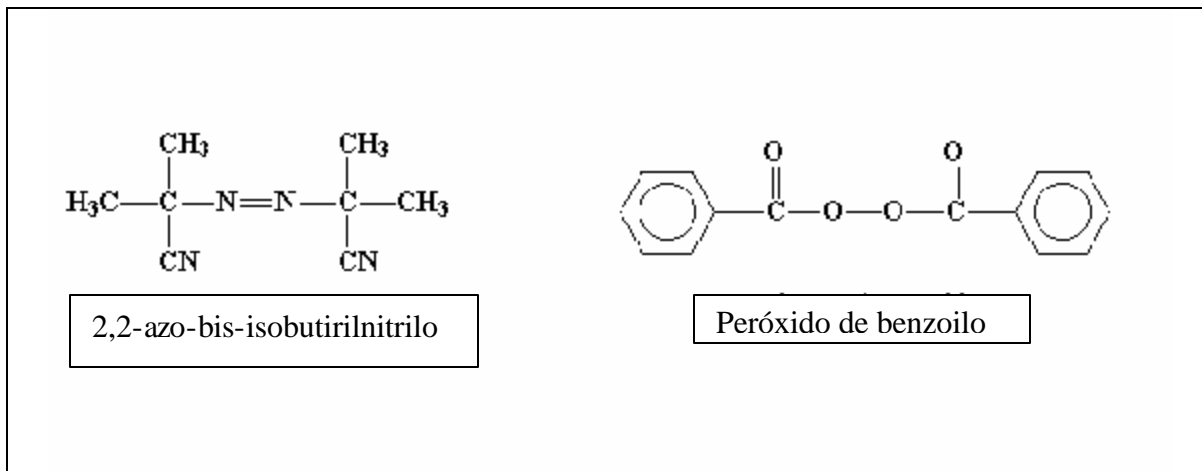


Figura 2. Moléculas iniciadoras del proceso de polimerización

Cuando lo hacen, el par de electrones del enlace que se rompe, se separa. Esto es inusual, dado que siempre que sea posible, los electrones tienden a estar apareados. Cuando ocurre esta escisión, se forman dos fragmentos llamados *fragmentos de iniciador*, provenientes de la molécula original, cada uno con un electrón desapareado. Las moléculas como éstas, con electrones desapareados reciben el nombre de radicales libres.

Estos electrones desapareados al estar aislados buscan la forma de aparearse, Si encuentran cualquier electrón con el cual aparearse, lo harán.

El doble enlace carbono-carbono de un monómero vinílico como el etileno, tiene un par electrónico susceptible de ser fácilmente atacado por un radical libre. El electrón desapareado, cuando se acerca al par de electrones, trata de desprender uno de ellos para aparearse. Este nuevo par electrónico establece un nuevo enlace químico entre el fragmento de iniciador y uno de los carbonos del doble enlace de la molécula de monómero. Este electrón, se asocia al átomo de carbono que no está unido al fragmento de iniciador. Llegando a la misma situación con la que comenzamos, ya que ahora tendremos un nuevo radical libre cuando este electrón desapareado venga a colocarse sobre ese átomo de carbono. El proceso completo, desde la ruptura de la molécula de iniciador para generar radicales hasta la reacción del radical con una molécula de monómero, recibe el nombre de etapa de *iniciación* de la polimerización. Véase figura 3.

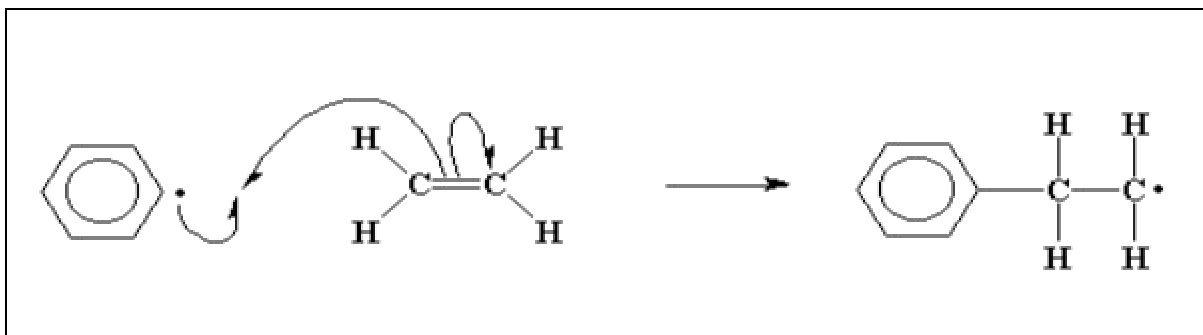
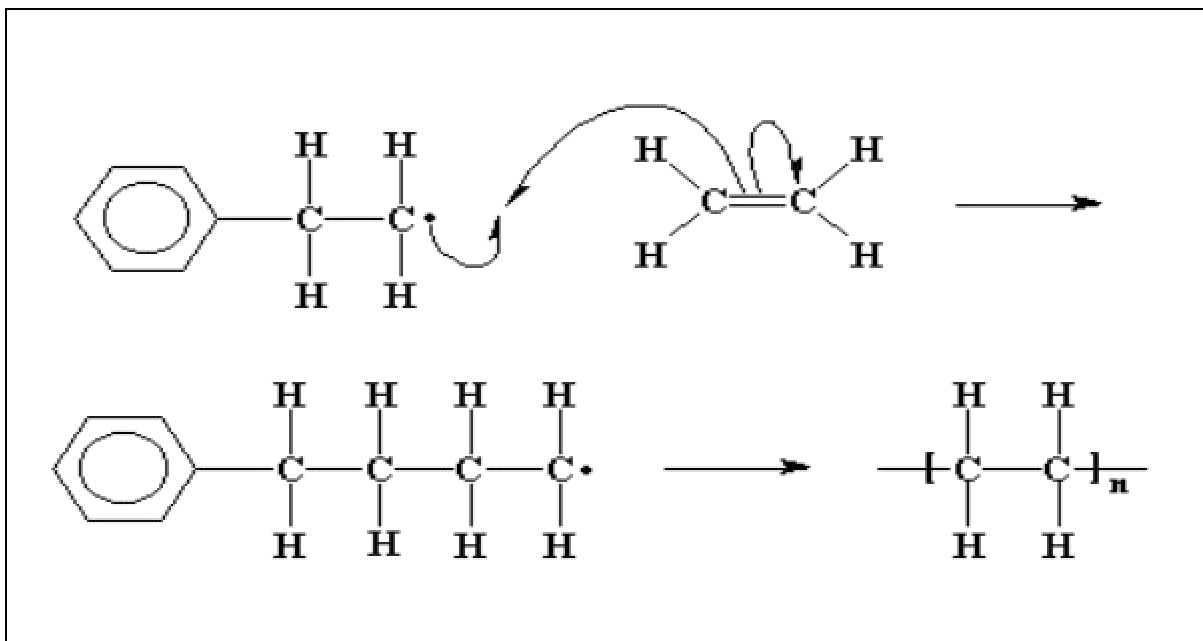


Figura 3. Etapa de Iniciación.

Este nuevo radical reacciona con otra molécula de etileno, del mismo modo que lo hizo el fragmento de iniciador.

El proceso de adicionar más y más moléculas monoméricas a las cadenas en crecimiento, se denomina *propagación*.

Puesto que seguimos regenerando el radical, podemos continuar con el agregado de más y más moléculas de etileno y constituir una larga cadena del mismo. Las reacciones como éstas que se auto-perpetúan, son denominadas *reacciones en cadena*.





#### Figura 4. Reacciones en cadena

Como quedan electrones sin aparearse y viendo que los radicales son inestables, estos finalmente van a encontrar una forma de aparearse sin generar un nuevo radical. Empezando a detenerse la reacción en cadena.

Esto sucede de varias maneras. La más simple consiste en que se encuentren dos cadenas en crecimiento. Los dos electrones desapareados se unirán para formar un par y se establecerá un nuevo enlace químico que unirá las respectivas cadenas. Esto se llama *acoplamiento*. Véase figura 5.

El acoplamiento es una de las dos clases principales de *reacciones de terminación*. La terminación es la tercera y última etapa de una polimerización por crecimiento de cadena. De hecho, iniciación y propagación son las dos primeras.

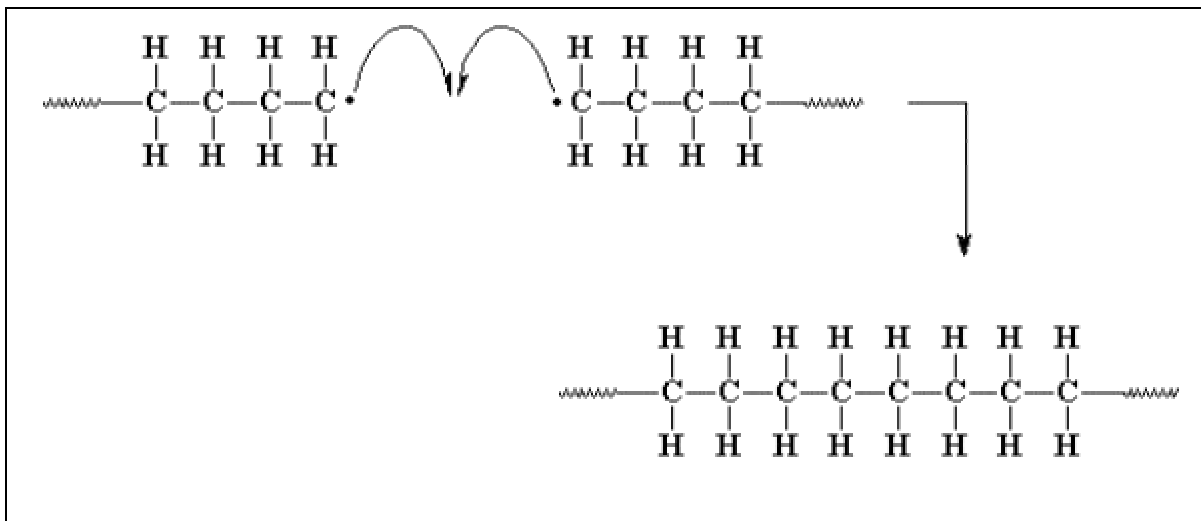


Figura 5. Fase de acoplamiento

Otra forma en la que el par electrónico puede concluir la polimerización es por *desproporción*. Esta es una manera bastante complicada en la cual dos cadenas poliméricas en crecimiento resuelven el problema de sus electrones desapareados. En la desproporción, cuando los extremos de dos cadenas en crecimiento se acercan, el electrón desapareado de una de ellas hace algo extraño. En lugar de unirse al electrón desapareado de la otra cadena, busca un compañero en cualquier parte. Encuentra uno en el enlace carbono-hidrógeno del átomo de carbono *vecino al otro carbono radical*. De modo que el electrón desapareado no sólo toma uno de los electrones de este enlace, sino también el átomo de hidrógeno.

Ahora, nuestra primera cadena no tiene electrones desapareados, el carbono terminal comparte ocho electrones finalizando el proceso. Véase figura 6.

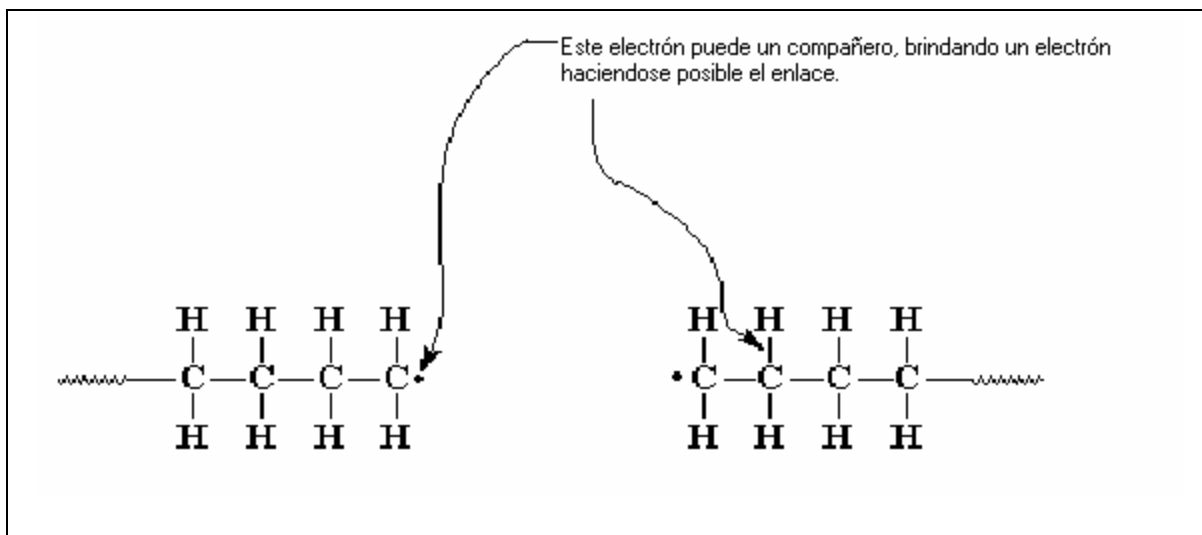


Figura 6. Reacción de terminación por desproporción

La cadena polimérica que pierde su átomo de hidrógeno. No sólo posee ahora un átomo de carbono con un electrón desapareado, sino dos. Pero aunque parece un gran problema, en realidad no lo es tanto. Los dos carbonos radicales, siendo vecinos, pueden unir fácilmente sus electrones desapareados para formar un par y por lo tanto un enlace químico entre ambos átomos de carbono. Como éstos ya compartían un par electrónico, el segundo par creará un *enlace doble* en un extremo de la cadena polimérica. Véase figura 7.

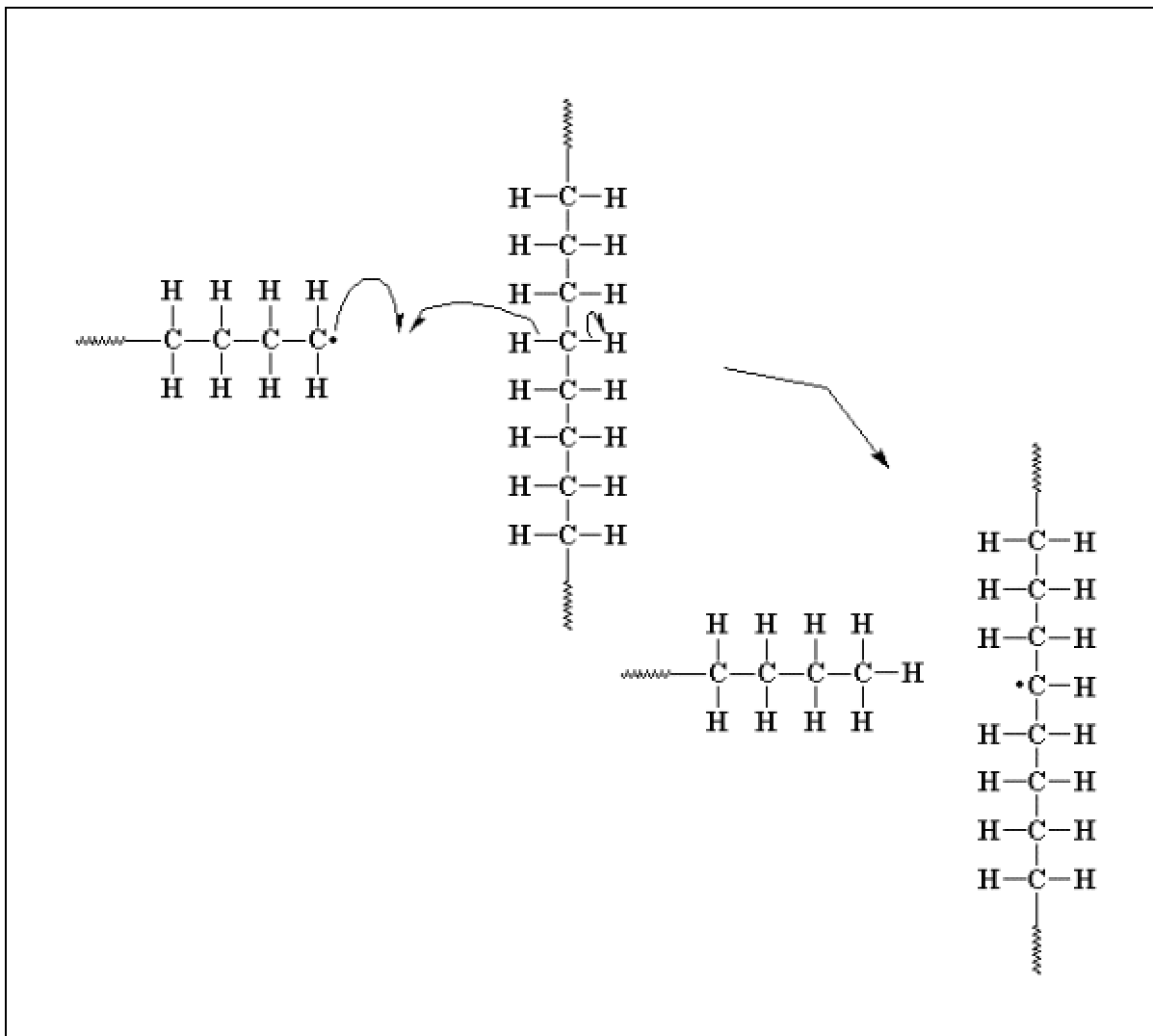


Figura 7. Enlace doble formado por el segundo par

A veces, el electrón desapareado en el extremo de la cadena se encuentra tan excitado, que se aparea con un electrón de un enlace carbono-hidrógeno de otra cadena polimérica. Esto deja un electrón desapareado en el medio de la cadena que no puede formar un doble enlace terminal como el electrón del ejemplo anterior, pero sí puede y lo hace, reaccionar con una molécula de monómero, del

mismo modo que lo hace el fragmento de iniciador. Esto origina una nueva cadena creciente en la mitad de la primera cadena que se conoce como *transferencia de cadena al polímero* y da lugar a un *polímero ramificado*. Esta reacción constituye un problema en el polietileno, tan grave que es imposible obtener polietileno lineal no ramificado por la polimerización por radicales libres.

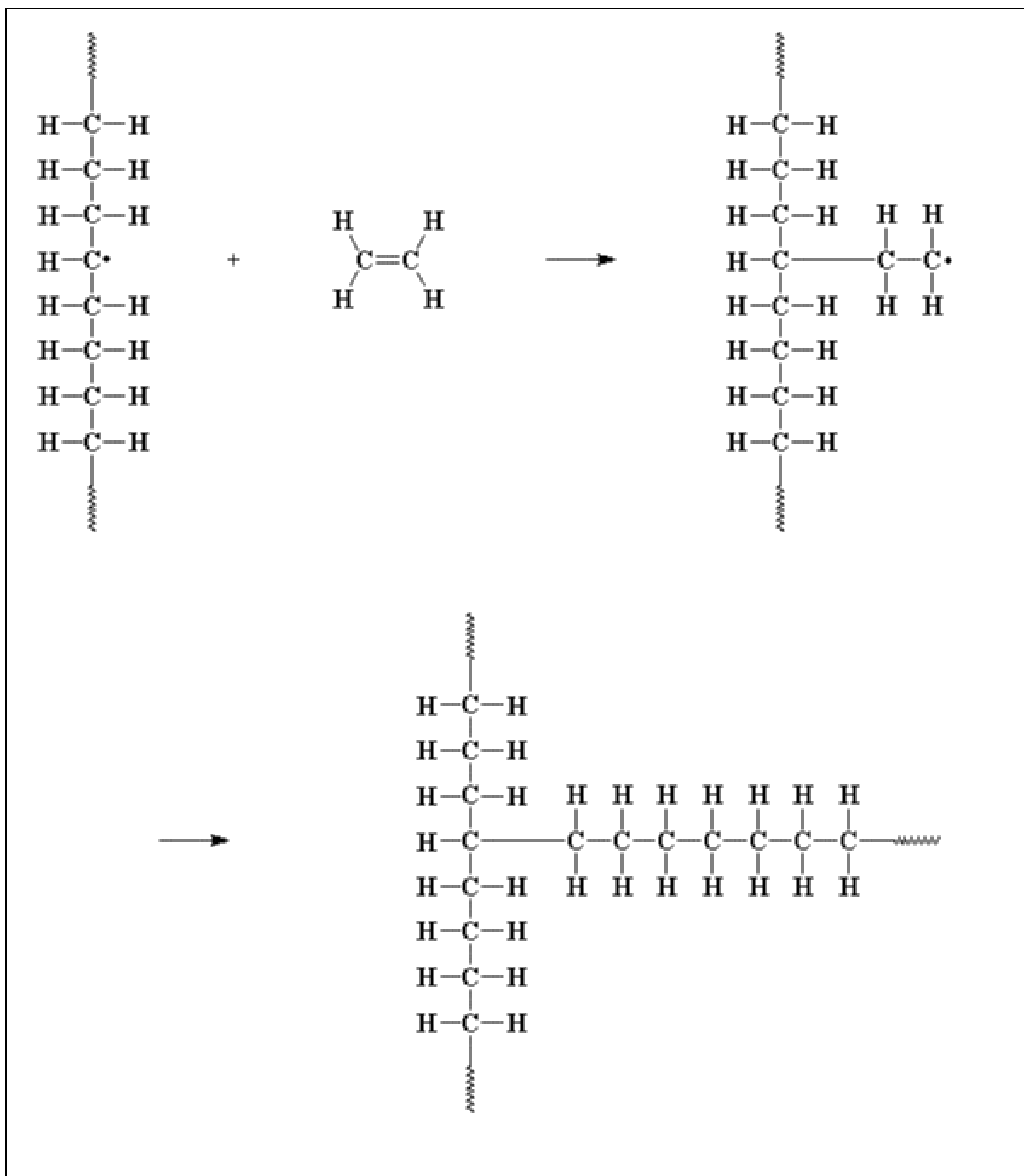


Figura 8. Molécula de polietileno.

Estas ramificaciones ejercen un notable efecto en el comportamiento del polietileno.

## **2.2 Obtención materia prima e insumos utilizados en el proceso de transformación.**

Este punto está enfocado en base a todos los polietilenos recuperados que se utilizan para la fabricación de productos utilizados en la vida cotidiana del quehacer humano.

De todo los productos recuperados en la Ciudad de Cartagena, los polietilenos ocupan un 30% del total de la producción (dato suministrado por acoplástico).

Por esta razón es vital la búsqueda de mejores procesos para la utilización de los mismo y evitar en gran proporción la contaminación ambiental, debido a que no son biodegradables, a la vez que se aumenta la generación de empleos mediante buena información e integración del personal dedicado al reciclaje.

Los polietilenos se encuentran de forma original con las siguientes especificaciones, polietilenos de alta densidad, polietileno de baja densidad, polietileno de alta y baja densidad.

Cada polietileno en condiciones originales posee propiedades típicas y químicas que lo diferencian entre si, de allí, la utilización de los productos para cada caso específico.

**2.2.1 Polietilenos recuperados de alta densidad "RAD"**. Después de la clasificación de todos los polietilenos existente en la mezcla de reciclado, estos se someten a un lavado, aglutinado y en algunos casos a peletizado. Esto con el fin de eliminar las impurezas con que el material viene después de ser desechado como desperdicio.

Los materiales recuperados de alta densidad se diferencian de los demás por su alta resistencia y capacidad para ser utilizados como películas para bolsas plásticas, de allí en la utilización en los procesos de soplado, cuando el material ha sido utilizado varias veces en la transformación sus propiedades declinan haciéndolo útil para algunos productos que necesitan ciertas propiedades para su fabricación, los materiales recuperados de alta densidad presentan las siguientes características: Difícil de aglutinar a altas temperaturas, por lo general el material



se presenta en forma de rizos y no bolas como el realidad se necesita, haciendo difícil trabajar con aglutinados, los productos que se pueden obtener con este material son los mismos que se pueden obtener, como si fueran original, pero haciendo unos cambios en las especificaciones de dichos productos para no variar la calidad de la producción.

Dentro de los productos que se pueden fabricar tenemos: Bolsas plásticas en general, bolsas de ½, 1,2,3 y 5 Kg, laines para interiores de saco, bolsas para basuras, vasos, platos , tanques. etc.

**2.2.2 Polietilenos recuperados de baja densidad "RBD".** Este material se obtiene de la misma forma con que se obtiene el de alta densidad, es fácil su clasificación, debido a que los productos elaborados con este material, tienen como característica la transparencia. A diferencia del recuperado de alta densidad, los recuperados de baja densidad son fáciles de aglutinar y en muchos casos cuando el material está limpio puede ser utilizado para los procesos de transformación sin ser peletizados. Los productos que se pueden obtener son los siguientes: Bolsas plásticas, de medidas de ½, 1,2,3 y 5 Kg, laines para interiores de saco, bolsas para basuras, vasos, platos. etc.

De los dos materiales recuperados el que mas se encuentra como desperdicio en el entorno es el recuperado de baja densidad, debido a la calidad del producto final, cuando se trabaja con recuperación de alta densidad la apariencia del material es de opacidad, mientras que la apariencia del recuperado de baja densidad es de transparencia. De allí la diversidad de los productos en el mercado.

**2.2.3 Polietilenos recuperados de alta densidad de color "RADC".** El polietileno recuperado de alta densidad de color es el mismo recuperado de alta densidad pero con impresiones, estos pueden ser por ejemplo un tipo de bolsas con el logotipo de una empresa y tenga varios colores. Este tipo de recuperado debe ser separados y tratados de manera independiente, con el objetivo de evitar contaminar el material que no tiene impresiones. Las características de estos materiales son las mismas, teniendo en cuenta que cuando se procesa el color del cual estaba hecho el producto se ve reflejado en el aglutinado del material.

Existe una diferencia importante cuando se trabaja entre RAD y RADC, la cual es que si el material ha sido sometido a un proceso de peletizado normal para quitarle los vapores de la tinta, la apariencia del producto final se va a ver afectado por pequeños túneles que representan el escape de los gases, cuando el material es sometido a altas temperaturas para su transformación. Otra diferencia es que

muchos gases no se pueden trabajar como aglutinado por problema de la tinta, los productos que se pueden obtener son los mismos para ambos materiales, con diferencia de la coloración al final del proceso.

**2.2.4 Polietileno Recuperado de Baja Densidad Color "RBDC".** Al igual que RADC se deben separar para su respectiva utilización, se pueden transformar con todo los aglutinado si se encuentran limpios, los productos que se pueden obtener son los mismos de los otros materiales recuperados, pero con color.

**2.2.5 Polietileno Recuperado Pigmentado "PRP".** Estos recuperados se encuentran en grandes proporciones de colores iguales y pueden ser transformados para elaborar los mismos productos. Se pueden encontrar en alta y baja densidad, un ejemplo muy común es la carpa negra que se utiliza como protección para evitar que se mojen de otros productos, por lo general esta hecha de RVD mas pigmento negro, y como se encuentra en gran cantidad se puede recuperar en forma independiente.

Una de las principales desventajas de esta capa es que no se puede utilizar en el proceso de transformación de manera única, sino que hay que mezclarlo para garantizar una buena operación para el caso de proceso de soplado, debido a que

no presenta estiramiento mientras que para el proceso de inyección se puede trabajar al 100 %.

Los productos que se pueden obtener son los mismos a los otros recuperados agregándole el color particular del producto antes de su sometimiento al proceso.

**2.2.6 Polietilenos recuperados revueltos.** Estos polietilenos son aquellos que se encuentran en el medio y son difíciles de clasificar debido al alto grado de contaminación. Estos recuperados son utilizados para producir mangueras de tipo industrial, por el grosor de las mismas.

**2.2.7 Obtención del polietileno recuperado.** La materia prima, los polietilenos, ya sean de alta o baja densidad, de color o no, se obtienen la mayoría como productos de desechos de las empresas, los empaques y bolsas en las cuales a las empresas se les envían los productos, así mismo parte de esta viene de acuerdos con los almacenes de víveres, textiles. etc.

La materia prima, también puede venir directamente de una fábrica que elabore polietileno, es muy usual en las empresas que procesan polietileno, mezclar un producto de óptima calidad, como es el que se compra directamente de la

industria, y el polietileno que se recupera como desperdicio de las empresas y almacenes. De estos dos se obtiene una mezcla, para combinar las calidades, y de esta manera obtener un producto final con propiedades y características similares a el que se obtiene en fábrica, y al mismo tiempo más económico.

### 3. CLASIFICACION DE LAS PELÍCULAS DE MATERIAL RECUPERADO.

Las películas de material recuperado pueden ser naturales, es decir, completamente transparentes o pigmentadas, y se clasifican de la siguiente forma.

#### **3.1 TIPOS**

- De propósito general.

- De alta resistencia al impacto.

### **3.2 Grados**

- De bajo deslizamiento.
- De medio deslizamiento.
- De alto deslizamiento.

### **3.3 Acabados**

- Tratado para adyección a la tinta.
- No tratado para adyección a la tinta.

## 4. PLASTICOS

### 4.1 HISTORIA DEL PLÁSTICO

El término plástico se utiliza para denominar genéricamente a los polímeros orgánicos sintéticos. Los tres grupos de plásticos, son: los termoplásticos, los plásticos termoestables y los elastómeros (o gomas).

Los materiales plásticos alcanzaron un siglo de existencia, aunque las investigaciones que permitieron su producción datan de mucho tiempo atrás.

Como el automóvil, el avión y la informática, son elementos sin los cuales la humanidad vivió todos sus milenios anteriores, pero sienten hoy día que no podrían vivir sin ellos.

El primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860 en los Estados Unidos, cuando se ofrecieron 10.000 dólares a quien produjera un sustituto del marfil —cuyas reservas se agotaban— para la fabricación de bolas de billar. Ganó el premio John Hyatt, quien inventó un tipo de plástico al que llamó **celuloide**. Véase figura 9.



Figura 9. Celuloide, primer plástico creado

El **celuloide** se fabricaba disolviendo celulosa, (proveniente de la semilla de algodón), un hidrato de carbono obtenido de las plantas, en una solución de alcanfor y etanol. Con él se empezaron a fabricar distintos objetos como mangos de cuchillo, armazones de lentes y película cinematográfica. Sin el celuloide no hubiera podido iniciarse la industria cinematográfica a fines del siglo XIX. El



*celuloide* puede ser ablandado repetidamente y moldeado de nuevo mediante calor, por lo que recibe el calificativo de termoplástico.

Al igual que en otros procesos productivos, los plásticos reconocen dos momentos diferenciados: la elaboración de productos plásticos a partir de fibras existentes en la naturaleza y la elaboración de productos sintéticos propiamente dichos, es decir que no existen en la naturaleza.

En 1887, investigaciones con resinas culminan con la elaboración de los discos de pasta (de 78 r. p. m., no sustituidos por los "de larga duración" hasta mediados del siglo XX), creados por el alemán E. Berliner a base de ebonita (goma vulcanizada dura y negra, y pizarra).

En 1907 Leo Baekeland inventó la **baquelita**, el primer plástico calificado como termofijo o termoestable: plásticos que puede ser fundidos y moldeados mientras están calientes, pero que no pueden ser ablandados por el calor y moldeados de nuevo una vez que han fraguado. Véase figura 10.



Figura 10. Adornos de baquelita, primeros colores

La **baquelita** es aislante y resistente al agua, a los ácidos y al calor moderado. Debido a estas características se extendió rápidamente a numerosos objetos de uso doméstico y componentes eléctricos de uso general.

Con este producto, la industria eléctrica en expansión tiene un desarrollo formidable, porque la baquelita -como todos los plásticos- es un pésimo conductor y por lo tanto un aislante excelente. Enchufes, manijas, interruptores se empezaron a hacer de este material. Véase figura 11.

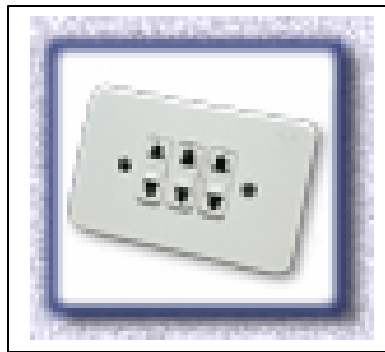


Figura 11. Baquelita, usada como para accesorios eléctricos por su poca conductividad.

La Primera Guerra Mundial (1914-1918) intensificó el uso del celuloide y sus derivados, como el acetato de celulosa, que permitió aplicaciones a los vehículos aéreos militares del momento (dirigibles y la incipiente aviación). El fin de la guerra permitió volcar tales investigaciones en la llamada seda artificial, o rayón.

En 1929 aparecen nuevos plásticos rígidos o termoestables, todavía basados en materia prima de origen natural como la urea, que constituyen una revolución estética, porque este material permite una diversidad de colores que la baquelita o la ebonita no permitían. Será el momento de los amarillos, los rojos, en la elaboración de artefactos y utensilios de la vida cotidiana.

**4.1.1 Desarrollo de los plástico.** No será sino en la década del 30 con la creación del nailon- que la historia de los plásticos toma otro vuelo. Su descubridor fue el químico Wallace Carothers, que trabajaba para la empresa Du Pont.

El nailon es un producto sintético en toda su extensión, ya que no proviene de otros cuerpos hallados en la naturaleza sino que está constituido por elementos creados sintéticamente: Las amidas.

Wallace Carothers descubrió que dos sustancias químicas como el **hexametildiamina** y **ácido adípico** podían formar un *polímero* que bombeado a través de agujeros y estirados podían formar hilos que podían tejerse.

Su primer uso fue la fabricación de paracaídas para las fuerzas armadas estadounidenses durante la Segunda Guerra Mundial, extendiéndose rápidamente a la industria textil en la fabricación de medias y otros tejidos combinados con algodón o lana. Al **nylon** le siguieron otras fibras sintéticas como por ejemplo el **orlón** y el **acrilán**.

La lista aumenta con el acrílico, un plástico termorígido de enorme proyección por su dureza y por su transparencia, los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivó a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década del 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un **termoplástico** al que llamaron **polietileno** (PE). Hacia los años 50 aparece el **polipropileno** (PP), Véase figura 12

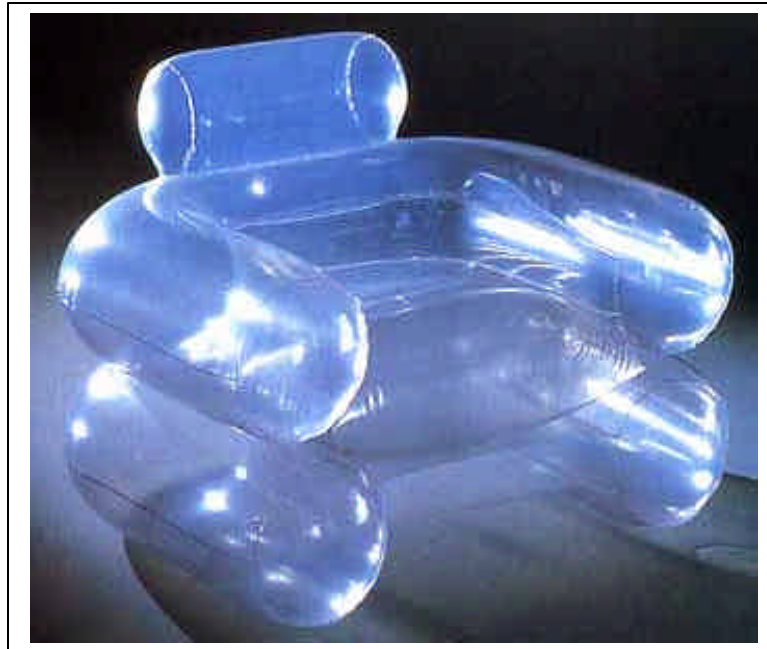


Figura 12. Polipropileno

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el **cloruro de polivinilo** (PVC), Véase figura 13. Un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para cañerías de todo tipo.



Figura 13. Pvc

Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Un plástico parecido al PVC es el **politetrafluoretileno** (PTFE), conocido popularmente como **teflón** y usado para rodillos y sartenes antiadherentes. Véase figura 14.

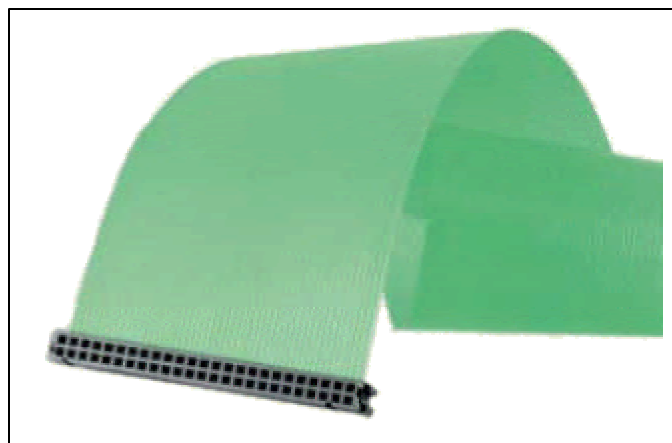


Figura 14. Teflón

Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el **poliestireno** (PS), Véase figura 15. Un material muy transparente comúnmente utilizado para vasos, potes y hueveras. El *poliestireno expandido* (EPS), una espuma blanca y rígida, es usado básicamente para embalaje y aislante térmico.



Figura 15. Vasos Plásticos fabricados en poliestireno

En la presente década, principalmente en lo que tiene que ver con el envasado en botellas y frascos, se ha desarrollado vertiginosamente el uso del **tereftalato de polietileno** (PET), material que viene desplazando al vidrio y al PVC en el mercado de envases.



La década del 40 se abre con el poliéster y el plástico de mayor uso en la actualidad, el polietileno. En 1943, se crean los clorofluorocarbonados [CFC] -que logran una serie de éxitos tecnológicos en la refrigeración, los aerosoles y otras aplicaciones y las siliconas. Véase figura 16.



Figura 16. Polietileno

Desde el punto de vista de una historia del material plástico, se podría decir que el período que se abre hacia 1930 y va hasta mediados de los 40 constituye su "edad de oro juvenil".

Es en ese período precisamente donde surge la mayor cantidad de materiales plásticos que se conocen hoy en día. En su proceso de elaboración todos los plásticos cuentan con un momento de calentamiento de la materia prima (generalmente a cientos de grados centígrados), a partir del cual los cuerpos, presionados, toman su forma y consistencia. Una vez pasado ese momento y comenzado el enfriamiento, los plásticos se dividen en dos grandes grupos: el de los termoestables y el de los termoplásticos. Los primeros, también llamados termorígidos, son los que fraguan y todo otro proceso de calentamiento solamente los arruina o destruye; los segundos se caracterizan porque todo nuevo calentamiento los retorna a un estado de plasticidad tal que se los puede reconstruir, reelaborar. En estos últimos, es decisiva la presencia de plastificantes, como los ftalatos (derivados de un ácido del petróleo), sustancia que se ablandan con suma facilidad. Veremos más adelante consecuencias inesperadas de su presencia.

La clave para la elaboración de materiales plásticos es la polimerización, un proceso mediante el cual se unen moléculas -monómeros- estableciendo larguísimas cadenas intermoleculares que son las que resultan

especialmente sensibles al calor para su configuración como objetos diversos (de allí los nombres, como poliamida, poliestireno, etcétera).

El proceso más común para la fabricación de productos con el material polimerizado es el de extrusión, que consiste en la inyección de material plástico en estado pastoso, casi líquido, dentro de moldes que luego se enfrían y retiran y dejan así constituido el objeto.

Lo que hemos llamado "edad de oro" ha configurado de tal modo la industria de materiales plásticos que al día de hoy, finalizando el siglo, hay un único material plástico de primera línea posterior: el polipropileno, ideado a fines de los 50, cuya característica más notable es su resistencia al calor, que como veremos, representa a su vez el talón de Aquiles de este tipo de material.

**4.1.2 La expansión de los plásticos.** A partir del fin de la Segunda Guerra Mundial se produce una expansión formidable de la industria de los plásticos. En el Reino Unido, entre 1950 y 1961 se cuadruplica la producción: pasa de 150 mil toneladas anuales a 600 mil.

El volumen de la producción mundial anual de plásticos en los 90 se está equiparando al de la producción mundial total de metales. La época de expansión más acelerada (con tasas de crecimiento superiores al 20% anual), los 50 y 60, se caracteriza por dos elementos disímiles pero significativamente simultáneos: un optimismo tecnológico radical, que permitía hablar, por ejemplo, de la "impar resistencia" de los CFC "a casi todos los productos químicos y solventes", y la materia prima extraordinariamente barata.

Este segundo aspecto del momento "glorioso" de la industria -que a esta altura del proceso tecnológico ya se puede llamar petroquímica- se explica por el precio irrisorio del petróleo -un producto usado como combustible desde la antigüedad-. Su producción desde los inicios de su explotación industrial, a fines del siglo XIX hasta 1945, no sobrepasó nunca de las 300 mil toneladas anuales. Desde 1945 hasta 1973 en cambio, se multiplicó por siete su uso, pasando de constituir un cuarto del suministro energético mundial al finalizar la guerra (momento de baja demanda), a la mitad en 1973 (momento de altísima demanda energética).

La disponibilidad tan generosa del petróleo (del que la petroquímica insume aproximadamente un décimo) se debía a que las empresas del ramo, casi todas de

origen estadounidense, británico y holandés, se fueron emplazando, mediante concesiones más o menos generosas, en los más remotos puntos del planeta donde se verificara la existencia de yacimientos. Y la extracción se hizo durante todas esas décadas con costos mínimos, puesto que los países en donde se asentaban esos yacimientos apenas percibían ingresos por ellos. Los principales países productores estaban alojados en el Tercer Mundo: México, Venezuela, Irak, Irán, Arabia Saudita, Libia, Kuwait, a los que había que agregar Estados Unidos y la ex-URSS, pero estos últimos no eran exportadores de petróleo, con lo cual su situación era radicalmente distinta.

Así se explica la expansión colosal en las ramas de actividad que el plástico "conquista" en los 50 y los 60: caños y tubos, recipientes del más diverso tipo, objetos de uso doméstico como baldes, palas o peines, la industria automotriz (carrocerías, tableros, engranajes), expansión hacia la industria de la construcción e ingreso arrollador en la industria del envase. En 1973, los países exportadores de petróleo, deciden no mantener más un precio congelado del petróleo ya que durante décadas han visto incrementar los precios de los productos que importaban con la "exportación" de petróleo. Lo que se ha llamado "el deterioro de los términos del intercambio" había llegado a un punto crítico. Ese año marca

un freno relativo en el uso del petróleo; los productos plásticos dejan de "costar una bagatela".

Toda esa etapa "gloriosa" se movió exclusivamente por el lucro y la retribución económica altísima, para diseñadores de nuevos compuestos y artículos. Todavía en la década de los sesenta se podía escribir, sin problemas de conciencia: "entre todos los factores que han de incidir para que se puedan aplicar los materiales de que se dispone a campos más amplios, el precio de venta es el más importante".

Con el tiempo, el cálculo puramente monetario de los costos a corto plazo, cede el lugar a otras consideraciones, como el del "producido final" de desecho o basura. Y simultáneamente, la industria petroquímica se ve sometida a un análisis crítico de todas las virtudes que hasta entonces se le habían asignado. El año de 1974 es a este respecto un año clave: en EE.UU. se acepta por fin, que decenas de obreros muertos, todos ellos vinculados a las cadenas productivas de polimerización de PVC, habían fallecido por intoxicación en los mismos procesos productivos; en ese año aparece el primer informe de investigadores que vinculan el "agujero de ozono" con la acción deletérea de los CFC en la estratósfera, que por lo visto no sólo eran "extraordinariamente

resistentes a los productos químicos" sino que a su vez atacaban a algunos de ellos, en este caso al vital ozono.

**4.1.3 Los plásticos como desechos.** Hasta entrado el siglo XX una basura principalmente biodegradable y reciclable y daba lugar a una serie de actividades económicas anexas dedicadas a la recuperación. Véase figura 17.

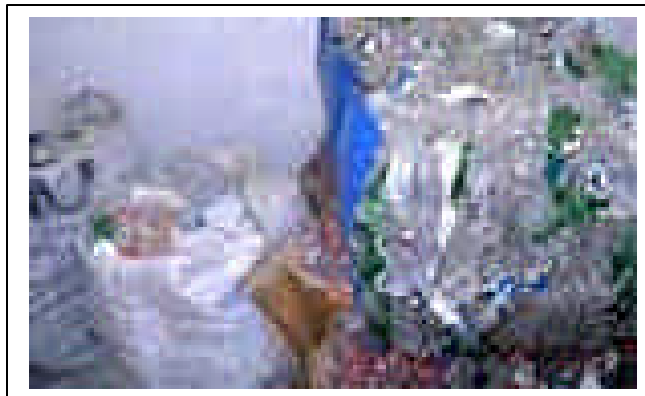


Figura 17. Desechos plásticos

La incorporación del plástico a la vida cotidiana crea un fenómeno nuevo: la presencia indefinida, siempre creciente, de basura. La mezcla de plásticos y desechos orgánicos (amén de otros) es un derroche que grava al planeta de un

modo tal que cada vez más científicos y otras personalidades consideran suicida. El plástico no se biodegrada y tampoco desaparece fácilmente por erosión. Jacques Yves-Cousteau nos ha legado impresionantes relatos sobre los mares del planeta contaminados con moléculas plásticas.

Y el reciclado, última consigna de la industria petroquímica, tiene un valor meramente propagandístico: en Estados Unidos se recicla el 1,5% del total del plástico producido (datos de 1995). El 98,5 % restante es desecho inutilizable.

**4.1.3.1 La toxicidad de los plásticos.** Los plásticos habían revelado cualidades estimadísimas en el momento del optimismo tecnológico: adaptabilidad, liviandad, poca fragilidad.

Con la experiencia y las investigaciones de los últimos años, se conocen los efectos indeseados: contaminación, toxicidad, el desecho incontrolable y, en lo que tiene que ver con los envases, las migraciones. Los envases plásticos contienen ablandadores que con el tiempo y el calor se pasan a los productos por ellos contenidos. Este fenómeno que podría ser considerado de secundaria importancia



en el caso de envases para contenidos no alimentarios, pasa a ser fundamental en el de alimentos. Sobre todo, porque las migraciones se registran a temperaturas no altas (apenas 40 centígrados alcanzan para una marcada migración) y porque son generalmente tóxicas, incluso cancerígenas.



Figura 18. Plásticos contaminantes tóxicos.

En la alegre ignorancia de los 60, se podía escribir que el PVC ofrecía "alta resistencia a los ácidos, los álcalis y el alcohol". Hoy en día, existen muchas

investigaciones concluyentes acerca de que el PVC es soluble en alcoholes y grasas -por su contenido de cloro-, por lo cual se desaconseja su uso para envases de alimentos grasos o alcohólicos.

A principios de los 80, la Dirección Nacional de Alimentos sueca, por ejemplo, ante la verificación de migración de los plásticos laminados (PVC) a alimentos en ellos envueltos como el queso (que contiene grasa) llega a publicar "recomendaciones a la población" de prescindir de la primera rebanada de queso, en tanto se procura ensayar sustitutos de esta forma de envasado. Veinte años no habían pasado en vano.

**4.1.4 El plástico y sociedad.** En rigor, cada régimen social y económico y cada opción tecnológica es una expresión de toda la sociedad. El material plástico es así una manifestación de la red cultural en que vivimos, como lo son los medios cada vez más rápidos de comunicación y de transporte. El plástico parece cumplir el sueño del polimorfismo creador, de la capacidad ilimitada del hombre para modelar la realidad.



### Figura 19. Usos del plástico en la sociedad moderna

Una corriente del pensamiento contemporáneo, vinculada al conductismo, cuyo epicentro ha estado a lo largo del siglo XX en Estados Unidos, sostiene "la plasticidad humana" como fundamento para una sociedad moderna, no atada a las tradiciones, que presenta al ser humano ilimitadamente plástico como el mayor logro de la humanidad.

Del mismo modo, el desarrollo tecnológico ha imbuido a la cultura dominante de la idea de que la naturaleza es infinitamente maleable. Pero esta creencia habla más de un sentimiento de omnipotencia que de lo que los científicos responsables estarían dispuestos a conceder.

La producción y el consumo de material plástico de modo indiscriminado puede estar causando más problemas que soluciones. Hay que aprender a reformular costos, no de acuerdo con los precios de venta (con la ley de la oferta y la demanda) sino incluyendo factores ambientales, los costos a futuro. No es tarea fácil, porque el plástico es una de las pocas ramas industriales

en donde el sector privado ha sido mayoritario o, para decirlo de otro modo, donde el estado, las dimensiones públicas de la economía, han estado menos presentes (baste compararla con la industria ferrocarrilera, el desarrollo médico o la actividad pesquera).

## **4.2 PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS**

Los plásticos han tenido aceptación creciente ya que ofrecen combinaciones únicas con una amplia variedad de propiedades que se ajustan en forma particular a muchos desarrollos modernos.

Los plásticos son de peso ligero, la mayoría pesan menos que el magnesio. Fuera de espumas plásticas especialmente ligeras, la gravedad específica promedio es aproximadamente 1.4, esto los hace adecuados para guarniciones y accesorios en la aviación comercial y ha ayudado a aligerar muchos implementos manuales. Los plásticos son buenos aisladores eléctricos a frecuencias bajas y altas y tienen usos importantes en la industria eléctrica. También son buenos aisladores del calor, algunos soportan muy bien la intemperie y son muy resistentes a la corrosión y al ataque químico. Véase cuadro 1.

Las resistencias de los plásticos abarcan una amplia gama; La mayoría de los materiales están en el extremo bajo del rango, pero algunos tienen resistencias bastante altas. Su principal ventaja estructural es una relación alta de resistencia a peso, la resistencia a la tensión de algunos plásticos es sólo 7 MPa (1000 psi) aproximadamente; la mayoría varían de 35 a 140 MPa (5000 a 20,000 psi), pero algunos plásticos reforzados tienen resistencias que llegan hasta 3 GPa (440,000psi). Como ejemplo: de la ventaja en peso, una epoxy reforzada con tela tejida de vidrio con una resistencia a la tensión de 590 MPa (85,000 psi), y una gravedad específica de 1.85, tiene una relación de resistencia a peso de casi el doble que el acero de aleación tratado térmicamente y solo un poco menos que una aleación de titanio con tratamiento térmico. La mayoría de las propiedades mecánicas de los plásticos son inferiores a la de los metales. Los plásticos están sujetos a cierta inestabilidad dimensional, con fluencia apreciable y flujo frío en todas las temperaturas, y algunos se hinchan con la humedad. La expansión térmica es grande en comparación con la de los metales. Las temperaturas superiores de operación varían desde 65°C (150°F) a aproximadamente 315°C (600°F) para los plásticos, pero la mayoría de los metales sirven bien arriba de esos márgenes. En la mejor condición, la resistencia a la fatiga y la rigidez de los plásticos están bastante abajo de los metales.

Cuadro 1. Propiedades y usos de algunos plásticos

	Polietileno	Polietileno	Polipropileno
Concepto	de alta	de baja	
	Densidad	densidad	

Propiedades claves	Resistencia a productos	Propiedades	Tenacidad, brillo,
	químicos, resistencia	flexibilidad, bajo	ligero, resistencia al
	mecánica, bajo costo		
Usos principales	Películas, blanquéelo,	Película, recipientes,	Enseres domésticos,
	botellas, tubos	de alambres	de artefactos,
			de tanques
Densidad Gr/cm <sup>3</sup>	0.94-0.96	0.91-0.93	0.90-0.92
Resistencia a la	3100-5100	1000-2300	3500-6000
Modulo de tracción.	0.4-1.5	0.17-0.35	1-2
TEMP MÁX. EN USO	250	180-212	200-320
Temp. de moldeo, °F	300-800	275-700	350-600
Resistencia dieléctrica,	440-600	420-700	450-650
Constante dieléctrica,	2.30-2.35	2.25-2.35	2.3
Factor de disipación.	Menos de 0,0002	Menos de 0.0005	0.0002-0.0008
Absorción de agua en	Menos de 0.01	Menos de 0.015	Menos de 0.02

### 4.3 CLASIFICACION DE LOS PLÁSTICOS

**4.3.1 Plásticos termoestables.** Los polímeros termoestables, termofraguantes o termorígidos son aquellos que solamente son blandos o "plásticos" al calentarlos por primera vez. Después de enfriados no pueden recuperarse para transformaciones posteriores.

Esto se debe a su estructura molecular, de forma reticular tridimensional. En otras palabras, constituyen una red con enlaces transversales. La formación de estos enlaces es activada por el grado de calor, el tipo y cantidad de catalizadores y la proporción de formaldehído en el preparado base.

Estos materiales tienen las siguientes características generales:

- Material compacto y duro.
- Fusión dificultosa (la temperatura los afecta muy poco).
- Insoluble para la mayoría de los solventes.
- Crecimiento molecular en proporción geométrica frente a la Reacción de polimerización (generalmente es una Policondensación).



#### 4.3.1.1 ALQUIDOS

##### 4.3.1.1.1 Nombres Comerciales

- Durez.
- Plenco.
- Plastón.

##### **4.3.1.1.2** Propiedades:

- Resistencia a la tensión MPa ; (ksi) : 21—62 ; (3-9)
- Temperatura máxima de servicio °c ; (°F): 150 ; (300)
- Buen aislamiento eléctrico.
- Estabilidad dimensional.
- Resistencia al impacto.

##### 4.3.1.1.3 Procesos de fabricación

- Moldeo.

##### 4.3.1.1.4 Materias primas

- Polvos.
- Líquidos.

- Hojas suaves.
- Cuerdas.
- Pedazos.

#### 4.3.1.1.5 Aplicaciones

- Equipo eléctrico.

### **4.3.1.2 Alilicos**

#### **4.3.1.2.1 Nombres Comerciales**

- Acmé.
- Dapon.
- Plaskon.

#### 4.3.1.2.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) 28—55 ; (4-8).
- Temperatura máxima de servicio °c ; (°F): 180 ; (350).
- Alta resistencia a la humedad y química.
- Estabilidad y resistencia dieléctrica.

#### **4.3.1.2.3** Procesos de fabricación

- Moldeo.
- Extrusión.
- Laminación.

#### 4.3.1.2.4 Materias primas

- Polvos.
- Líquidos.
- Preimpreg.

#### 4.3.1.2.5 Aplicaciones

- Equipo electrónico.
- Lentes.
- Laminados.

#### 4.3.1.2 Aminos

- urea.
- Melaminaformaldehido.

#### 4.3.1.3.1 Nombres Comerciales

- Bakelita.
- Beetle.
- Melmac.

#### 4.3.1.3.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) 34—69 ; 5-10.
- Temperatura máx. de servicio °c ; ( °F) : 80—100 ; (170-210).
- Colorido.
- Dureza; resiste arañes, detergentes y muchos líquidos.

#### 4.3.1.3.3 Procesos de fabricación

- Moldeo.
- Laminado.

#### 4.3.1.3.4 Materias primas

- Polvos.
- Granulados.
- Líquidos.
- Espumas.

#### 4.3.1.3.5 Aplicaciones

- Vajillas.
- Tapas de distribuidor.
- Cubiertas de mostrador.
- Utensilios domésticos.

#### 4.3.1.4 Epoxis

##### 4.3.1.4.1 Nombres Comerciales

- Durez.
- Hisol.
- Polymeric.

##### 4.3.1.4.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: Mpa ; (ksi) 34---207, (5---30).
- Temperatura máxima de servicio °c ;(°F) :260 ; (500).
- Buenas propiedades eléctricas y mecánicas.
- Estable.
- Resistente al calor y químicos fuertes y adherentes.

#### 4.3.1.4.3 Procesos de fabricación

- Colado.
- Extrusión.
- Moldeo y preservación en Tina.

#### **4.3.1.4.4** Materias Primas

- Polvos.
- Líquidos.
- Espumas.

#### 4.3.1.4.5 Aplicaciones

- Adhesivos.
- Tanques y envolveres.
- Herramientas y dados.

#### 4.3.1.5 Fenólicos

- Fenolformaldehido.
- Furfural.

#### 4.3.1.5.1 Nombres Comerciales

- Bakelita.
- Genal.
- Textolita.

#### 4.3.1.5.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) 34-69 ; (5-10).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F 150-260 ; (300-500).
- Rígido.
- Estable.
- Buena resistencia eléctrica y química.
- Colores limitados.

#### 4.3.1.5.3 Procesos de fabricación

- Moldeo y colados.

#### 4.3.1.5.4 Materias primas

- Polvos.
- Perdigones.
- Soluciones e impregnados.

#### 4.3.1.5.5 Aplicaciones

- Equipo eléctrico.
- Partes de artefactos.
- Páneles laminados.
- Aglutinantes para ruedas de esmerilar.

#### 4.3.1.6 Poliésteres

##### 4.3.1.6.1 Nombres Comerciales

- Dacrón.
- Mylar.

##### 4.3.1.6.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) 7-345 ; (1-50).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F: 65-150 ; (150-300).
- Para hacer refuerzos tenaces.R



- Resistente a la mayoría de los solventes ácidos y bases.

#### **4.3.1.6.3** Procesos de fabricación

- Moldeo.
- Colados.
- Laminados.

#### **4.3.1.6.4** Materias primas

- Polvos.
- Líquidos.
- Hojas.
- Barras y tubos.

#### **4.3.1.6.5** Aplicaciones

- Partes para carrocería de automóviles.D
- Decoraciones.
- Lanchas.
- Maletas.

**4.3.2 Plásticos termoplásticos.** Una clase importante de plásticos, llamados materiales *termoplásticos*, está compuesta de moléculas largas separadas químicamente. Se mantienen juntas por enlaces secundarios, los cuales son fuerzas asociativas de atracción entre las moléculas y son más débiles que los enlaces primarios entre los átomos dentro de cada molécula. Cuando las moléculas se activan y separan por calor, los enlaces secundarios se debilitan y el material se suaviza y por último se funde.

La mayoría de los termoplásticos comerciales son ya sea amorfos o cristalinos.

En la forma amorfa o vidriosa, las moléculas están entremezcladas sin orden aparente. Los ejemplos son: El poliestireno, polimetilmetaacrilato y policarbonato.

En la forma cristalina las moléculas largas están dobladas en un arreglo regular en pequeños cristallitos delgados, reunidos dentro de paquetes en agregados más grandes llamados esferulitas, los cuales componen la estructura interna total como los granos en un metal. Los cristallitos y esferulitas están rodeados por material amorfo pero parece que están interconectados por multitud de enlaces de pequeñas fibras de material cristalino. Los ejemplos son el polietileno, polipropileno isotáctico, acetal y nylon.

Una tercera y menos común forma es la de los plásticos modificados con hule como el ABS en el que existe hule en pequeñas partículas redondas bien dispersadas en una matriz vidriosa rígida. Esto forma un material duro y frágil.

La naturaleza de las moléculas lo mismo que la forma en que están arregladas determina las propiedades de un material termoplástico. Las fuerzas entre las partículas individuales dependen en forma directa de las masas e inversamente de una potencia de la distancia entre ellas. Por tanto, las moléculas largas y pesadas tienen fuerzas asociativas intensas y componen plásticos tenaces y resistentes.

Las cadenas moleculares relativamente rectas pueden empacarse estrechamente y formar plásticos rígidos; los materiales con moléculas enrolladas o en ramas son más flexibles. Los radicales sustitucionales hacen moléculas bipolares y establecen una atracción magnética entre las moléculas. Las moléculas isotácticas, en particular, son intensamente bipolares y pueden empacarse estrechamente; tienden a formar materiales que se suavizan a temperaturas altas.

Los plásticos amorfos tienen pocos enlaces asociativos y se suavizan a temperaturas más bajas en tanto que los materiales más cristalinos tienen enlaces más numerosos y se puede lograr que soporten temperaturas más altas que las

sustancias orgánicas. Por lo general, los plásticos claros son amorfos debido a que los cristalitas dispersan la luz y hacen traslúcido el material.

#### **4.3.2.1 ABS "Acrilonitrilo-butadieno-estireno"**

##### **4.3.2.1.1 Nombres comerciales**

- Abson.
- Cicolac.
- Marbon.
- Seilon.

##### **4.3.2.1.2 Propiedades**

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) 28-55 ; (4-8).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F 120 ; (250) .
- Dureza.
- Rigidez.

- Tenacidad; amplio espectro de propiedades.
- Degradable en la intemperie.

#### **4.3.2.1.3 Procesos de fabricación**

- Extrusión.
- Moldeo.
- Formado en frío.
- Calandreado.

#### **4.3.2.1.4 Materias primas**

- Resinas y aditivos.

#### **4.3.2.1.5 Aplicaciones**

- Molduras de automóvil.
- Impulsores.
- Cajas.
- Tubería.
- Cascos.
- Perillas.
- Rejillas de alojamientos.

#### **4.3.2.2 Acetales**

- Homopolímeros.
- Copolímeros.

##### **4.3.2.2.1 Nombres comerciales**

- Deirin.
- Celcon.

##### **4.3.2.2.2 Propiedades**

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) 55-69 ; (8-10).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F 120 ; (250) Y 80-105 ; (180-220).
- Fortaleza y rigidez con buenas resistencias a la humedad, calor y químicos.
- Resiste la mayoría de los solventes pero no los ácidos minerales fuertes.

##### **4.3.2.2.3 Procesos de fabricación**

- Extrusión.
- Moldeo.
- Formado.

- Maquinado.

#### **4.3.2.2.4** Materias primas

- Resinas.
- Algunos materiales con fibras de vidrio y otros rellenos y aditivos.

#### **4.3.2.2.5** Aplicaciones

- Engranés.
- Piñones.
- Carretillas.
- Muelles de hojas.
- Cojinetes.
- Palancas.
- Abanicos.
- Tubería.
- Válvulas.

#### 4.3.2.3 Acrílicos

- Etil.
- Metil-metacrilato.

##### 4.3.2.3.1 Nombres comerciales

- Acrilita.
- Lucila.
- Perpex.
- Plexiglás.

##### 4.3.2.3.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) 42-69 ; (6-10).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F 60-110 ; (140-230).
- Resistencia moderada.
- Suavidad.



- Baja resistencia al calor en la mayoría de los grados.
- Buena óptica, clara a coloreada.
- Buena resistencia eléctrica.

#### **4.3.2.3.3 Procesos de fabricación**

- Extrusión.
- Moldeo.
- Tecnoformado.
- Revestimiento.
- Maquinado.

#### **4.3.2.3.4 Materias primas**

- compuestos moldeados.
- láminas coladas.

#### **4.3.2.3.5 Aplicaciones**

- Lentes.
- Señales.

- Placas con letreros.
- Decoraciones.
- Exhibidores de novedades.
- Carátulas.
- Acabados transparentes o coloreados.
- Botellas.
- Modelos..

#### **4.3.2.4 Celulósicos**

- Celulosa acetato (butirato).
- celulosa nitrato.
- Celulosa propianato.
- Etil celulosa

##### 4.3.2.4.1 Nombres comerciales

- Etoceel.
- Lumarith.

- Tenita.

#### 4.3.2.4.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión MPa ; (ksi) : 10-59 ; (1.5-8.5).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F 50-90 ;(120-200).
- Tenacidad.
- Facilidad de proceso.
- Buena transparencia y brillo de superficie; muchos colores; resistencia moderada al calor y solventes.

#### 4.3.2.4.3 Procesos de fabricación

- Extrusión.
- Moldeo.
- Termoformado.
- Revestimiento.
- Maquinado.

#### 4.3.2.4.4 Materias primas

- Moldeo de compuestos.
- Películas.
- Hojas.
- Barras.
- Polvos.

#### 4.3.2.4.4 Aplicaciones

- Perillas.
- Manijas.
- Aparatos domésticos y guarniciones.
- Acabados transparentes y coloreados
- Empaques.
- Bolas de billar.
- Tuberías.
- Volantes de automóvil.

#### 4.3.2.5 Fluoroplásticos

- Fluorocarbones : TFE, FEP, PFA
- Fluoropolímeros ETFE, ECTFE.

- Resinas CTFE, etc.

#### 4.3.2.5.1 Nombres comerciales

- Fluorothene.
- Halar.
- Polifluoron.
- Teflón.
- Tefzel.

#### 4.3.2.5.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión MPa ; (ksi): 17-45 (2.5-6.5).
- Temperatura máx. de servicio °C ; °F : 175-290 ; (350-550).
- Inercia química sobresaliente, a la electricidad y a la temperatura.
- Resistencia a la intemperie.
- Baja fricción; baja resistencia mecánica pero puede reforzarse; tenaz a baja temperatura.

#### 4.3.2.5.3 Procesos de fabricación

- Extrusión.
- Moldeo.
- Revestimiento formado.
- Colado por dispersión.
- Maquinado.

#### 4.3.2.5.4 Materias primas

- Granulados.
- Perdigonado.
- Polvos y dispersiones con agregado de rellenos.
- Películas.
- Hojas.

#### 4.3.2.5.5 Aplicaciones

- Cojinetes.
- Sellos.
- Tuberías.
- Aislamiento eléctrico.
- Esmaltes.
- Revestimientos que no se vuelven pegajosos con la temperatura.
- Superficies no adherentes.
- Blindajes ablativos.

#### 4.3.2.6 Ionómeros

##### 4.3.2.6.1 Propiedades

- Resistencia a la tensión : MPa ; (ksi): 14-34 ; (2-5).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F : 70 ; (160).
- Ligero.
- Tenaz.
- Transparente y flexible no rígido y cierta fluencia.

#### 4.3.2.6.2 Procesos de fabricación

- Extrusión.
- Moldeo.
- Termoformado.

#### 4.3.2.6.3 Materias primas

- Resinas y estabilizadores.

#### **4.3.2.6.4 Aplicaciones**

- Películas.
- Juguetes.
- Contenedores.
- Charolas.



- Aislamiento de alambres.

#### **4.3.2.7 Fenoxis “ fenoleno base óxido”**

##### **4.3.2.7.1 Nombres comerciales**

- Bakelita.
- Noril.

##### **4.3.2.7.2 Propiedades**

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) : 48-117 ; (7-17).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F : 75 ; (170).
- Buena ductilidad, estabilidad y Propiedades a baja temperatura.

##### **4.3.2.7.2 Procesos de fabricación**

- Extrusión.
- Moldeo.
- Termoformado.

#### **4.3.2.7.3 Materias primas**

- Varios grados de resinas, algunos reforzados.

#### 4.3.2.7.4 Aplicaciones

- Partes en flujo de agua.
- Dispositivos electrónicos.
- Molduras de automóvil.
- Aparatos domésticos y partes.

#### 4.3.2.8 Poliamidas

##### 4.3.2.8.1 Nombres comerciales

- Nylon.
- Ultramid.
- Versalon.

##### 4.3.2.8.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) : 55-207 ; (8-30).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F : 120-150 ; (250-300).
- Alta resistencia, rigidez e impacto.

- Resistente a la temperatura, electricidad y los químicos.
- Absorbe agua.
- Se suaviza con solventes.

#### 4.3.2.8.3 Procesos de fabricación

- Extrusión.
- Moldeo.
- Sinterizado.
- Formado.
- Colado.
- Revestimiento.
- Maquinado.

#### 4.3.2.8.4 Materias primas

- Sólido y líquido.
- Resinas con rellenos y refuerzos.

#### 4.3.2.8.5 Aplicaciones

- Telas.
- Cerdas Suturas.
- Tubos.
- Cojinetes.
- Camas.
- Engranés.
- Empaques.
- Aislamiento .

#### 4.3.2.9 Policarbonatos

##### 4.3.2.9.1 Nombres comerciales

- Lexan.
- Merlon.

#### 4.3.2.9.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) : 62-72 ; (9-10.5).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F : 120 ; (250).
- Alta resistencia mecánica.
- Alta resistencia eléctrica.
- Ductilidad.
- Rigidez y transparencia.

#### 4.3.2.9.3 Procesos de fabricación

- Extrusión.
- Moldeo.
- Espumas.
- Maquinado.

#### **4.3.2.9.4 Materias primas**

- resinas y hojas.

#### 4.3.2.9.5 Aplicaciones

- Hojas de seguridad.

- Señales.
- Lentes.
- Cubiertas.
- Mirillas de calibradores.
- Globos y accesorios de alumbrado.
- Cubiertas protectoras.
- Bolas de cojinetes.

#### 4.3.2.10 Poliésteres

- **Politercftalatos**

##### **4.3.2.10.1 Nombres comerciales**

- Celanex.
- Tenita.
- Valox.

##### 4.3.2.10.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) : 55-121 ; (8-17.5).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F : 110 ; (230).
- Buena resistencia química, al agua, abrasión.
- Resistencia eléctrica.

- Tenacidad.

#### 4.3.2.10.3 Procesos de fabricación

- Extrusión y moldeo.

#### 4.3.2.10.4 Materias primas

- Resinas, algunas reforzadas.

#### 4.3.2.10.5 Aplicaciones

- Bombas.
- Medidores.
- Engranés.
- Camas rodillos.
- Componentes electromecánicos .

#### 4.3.2.11 Polietilenos

##### 4.3.2.11.1 Nombres comerciales

- Alathone.
- Etilux.

- Polithene.

#### 4.3.2.11.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) : 4-48 ; (0.5-7).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F : 90 ; (200).
- Tenaz a  $-98^{\circ}\text{C}$  ( $-145\text{-F}$ ).
- Buena resistencia química, a la humedad y eléctrica.
- Baja fricción.
- El plástico de más uso; muchos grados; flexible y rígido.

#### 4.3.2.11.3 Procesos de fabricación

- Trabajado en todos los procesos.

#### 4.3.2.11.4 Materias primas

- Resinas con aditivos.

#### 4.3.2.11.5 Aplicaciones

- Alojamiento.
- Tuberías.
- Duelos.
- Botellas.



- Cubetas.
- Tanques.
- Aislamiento.
- Objetos caseros.
- Juguetes.
- Revestimientos.
- Películas.
- Empaques.

#### **4.3.2.12 Polimidas**

##### 4.3.2.12.1 Nombres comerciales

- Gemon.
- Kapton.
- Vespel.

#### 4.3.2.12.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) : 69-172 ; (10-25).
- Temperatura máxima de servicio °C , °F : 315 , (600).
- Fuerte, rígido y estable con excelente resistencia al calor, abrasión, fluencia y radiación.
- flexible a  $-270^{\circ}\text{C}$  ( $-450^{\circ}\text{F}$ ).

#### 4.3.2.12.3 Procesos de fabricación

- Moldeo.
- Sinterizado.

#### 4.3.2.12.4 Materias primas

- Polvo.
- Revestimiento.
- Películas.
- Formas sólidas.

#### 4.3.2.12.5 Aplicaciones

- Válvulas.
- Aislamiento eléctrico.

- Cientos de panes en cada motor de chorro.

#### 4.3.2.13 Polipropilenos

##### **4.3.2.13.1 Nombres comerciales**

- Escon.
- Propilux.
- Tenita.

##### 4.3.2.13.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) : 34-59 ;(5-8.5).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F : 120 ; (250).
- Resistencia química, humedad y electricidad.
- Grados especiales para resistencia al impacto y servicio a temperaturas altas y bajas.

##### 4.3.2.13.3 Procesos de fabricación

- Extrusión.
- Moldeo.
- Laminado.
- Revestimiento.

- Sinterizado.

#### **4.3.2.13.4 Materias primas**

- Resina con aditivos.

#### 4.3.2.13.5 Aplicaciones

- Equipo eléctrico.
- Bisagras.
- Tubería.
- Empaque.
- Equipaje.
- Molduras de automóvil.

#### **4.3.2.14 Poliestirenos**

##### 4.3.2.14.1 Nombres comerciales

- Cerz.
- Loralin.
- Lustrón.
- Estirón .

#### 4.3.2.14.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) : 14-55 ; (2-8).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F : 60-80 ; (140-175).
- Buena resistencia eléctrica y al manchado.

#### 4.3.2.14.3 Procesos de fabricación

- Extrusión.
- Moldeo.
- Termoformado.
- Espumado.

#### 4.3.2.14.4 Materias primas

- Resina con aditivos.

#### 4.3.2.14.5 Aplicaciones

- Tubería.
- Carátulas.
- Juguetes.
- Aislamiento a alta frecuencia.

- Cajas de baterías.
- Placas dentales.
- Vajillas.
- Partes de automóvil y aparatos domésticos.
- Lentes.

#### 4.3.2.15 Polisulfonas

##### 4.3.2.15.1 Nombres comerciales

- Udel.

##### 4.3.2.15.2 Propiedades

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) : 14-55 ; (2-8).
- Temperatura máxima de servicio °c ; °F : 150-260 , (300-500).
- Rígido y dúctil a -100°C (-140°F).
- Estable y resistencia eléctrica.

##### **4.3.2.15.3 Procesos de fabricación**

- Extrusión.

- Moldeo.
- Termoformado.

#### 4.3.2.15.4 Materias primas

- Resina con aditivos.

#### **4.3.2.15.5 Aplicaciones**

- Partes eléctricas y para automóvil.
- Alojamiento.
- Tubería.
- Aislamiento de cables.

#### **4.3.2.16 Vinilos**

- **Cloruro de polivinilo.**

- **Acetato, etc.**

#### **4.3.2.16.1 Nombres comerciales**

- Chemaco.
- Elvanol.
- Sarán.
- Vinilita.

#### **4.3.2.16.2 Propiedades**

- Resistencia a la tensión: MPa ; (ksi) : 7-48 ; (1-7).
- Muy flexible hasta rígido.
- Buena resistencia a la flama.
- Buena resistencia eléctrica, química, al aceite, abrasión y a la intemperie en varios grados.
- Coloreable y atractivo.
- Fácil de procesar.



#### 4.3.2.16.3 Procesos de fabricación

- Extrusión.
- Moldeo.
- Revestimiento.
- Colado.
- Espumado.

#### 4.3.2.16.4 Materias primas

- Resina con aditivos.
- Dispersiones.
- Hojas.
- Películas.

#### **4.3.2.16.5 Aplicaciones**

- Pisos y cubiertas de paredes.
- Tapicería.
- Ropa impermeable.
- Laterales de casas.
- Tuberías.
- Juguetes.

- Aislamiento.
- Discos fonográficos.
- Cristal inastillable de seguridad.

## 5. CONDICIONES ACTUALES DE LA MAQUINA DE TRABAJO

En este capítulo mostraremos las condiciones actuales de la aglutinadora, las partes que la conforman, la producción actual, los consumos de energía, horarios de trabajo, etc.

En la empresa New Polymer, las máquinas que se encuentran laborando dentro de ella, son máquinas que en su mayoría fueron compradas a la empresa Polymer, cuando esta cerró sus instalaciones. Estas máquinas además de ser antiguas, no poseen planos, ya que su construcción se llevó a cabo por medio de la unión de piezas de diferentes máquinas. Cuando hablamos con el gerente de la empresa New Polymer, e inspeccionamos la máquina aglutinadora, la certeza de que esta estaba o no sobrediseñada, era mínima. Por tal motivo comenzamos una investigación y estudio de maquinarias similares dedicadas al mismo objetivo, en diferentes empresas de Cartagena, las cuales también se dedicaban al reciclaje del plástico, tales como Plasticbolsas e Interplast Ltda. Realizando dicha investigación, nos encontramos con máquinas que trabajaban con mayor potencia, o una potencia igual, pero en tamaño, eran superiores a el tamaño de la aglutinadora de la empresa New Polymer, desde este

punto de vista, partimos para poder suponer que la máquina se encontraba sobrediseñada.

La aglutinadora de polietileno de la empresa New Polymer está sujeta a una serie de condiciones externas, propias del lugar donde funciona la máquina. Dichas condiciones son la atmósfera polvorienta donde labora la máquina, y la poca ventilación que posee esta.

Dependiendo del trabajo o la entrega de productos que se tengan pendientes para los clientes, la cantidad de materia prima que posea la empresa para laborar, se coloca el horario de la aglutinadora y de las máquinas en general. En New Polymer, el tipo de servicio que prestan las máquinas (entre estas la aglutinadora) es un servicio continuo, ya que cuando se tiene material disponible, el tiempo trabajado excede de 18 horas, véase cuadro 2.

Cuadro 2. Horario de los turnos de trabajo de la aglutinadora

Horario de trabajo de la aglutinadora		
Primer turno	Segundo turno	Tercer turno
7Am – 12Am	1Pm – 5Pm	7Pm - 6Am

El total producido diario oscila entre 220 – 250 Kilos de material aglutinado, la cantidad producida, depende directamente de la materia prima que se posea para transformar en material aglutinado, y los requerimientos de trabajo que se tengan. La máquina, en su funcionamiento, trabaja a 42-45 amperios, esta carga de corriente depende del tipo de polietileno que se esté procesando (alta o baja densidad), de igual manera, depende del tipo de calibre del material a aglutinar.

En el proceso de transformación de la materia prima, cuando la máquina parte del reposo, la temperatura a la que se encuentra, temperatura ambiente, hace que se dificulte el proceso de aglutinado, por tal motivo, en la empresa New Polymer, se recurre a un precalentamiento de la máquina, el cual se realiza durante un promedio de 20-25 minutos, esto se hace debido a que si se efectuara el proceso a temperatura ambiente, tomaría mucho tiempo para la máquina, cortar la materia prima y llevarla a la temperatura de aglutinamiento, el promedio de tiempo empleado para el proceso, partiendo desde una temperatura ambiente es de treinta minutos.

El proceso de precalentamiento consiste en pasar por la máquina aglutinadora, material ya procesado o aglutinado, con el objetivo de que la máquina no efectúe el corte del material y solo se caliente por la fricción, aumentando la temperatura de la máquina.

Bajo estas condiciones, y tomando la continuidad del funcionamiento de la máquina, las partes de la aglutinadora, sufren más y están sujetas a un desgaste permanente, siendo este un factor a considerar en el rediseño de la máquina.

## **5.1 EJE PRINCIPAL**

El eje que actualmente posee la aglutinadora de la empresa New Polymer, esta fabricado en acero 1040, posee un diámetro de 7.2 cm, y en él se acoplan las cuchillas móviles véase figura 21.

Con el motor de 1730rpm, y la relación de poleas de 1.65, se genera una velocidad en el eje de 1047.1rpm, velocidad a la cual se da un torque de 902.47 Lb-in.

El eje debe ser capaz de resistir de una manera satisfactoria el torque que se transmite, los esfuerzos que se crean. Hay que tener en cuenta que si este se encuentra sobrediseñado, también es desfavorable para la máquina, debido a que se crea un mayor consumo de energía innecesarios, además de aumentar el desgaste de cojinetes.

Por uno de los extremos se acoplan al eje, las cuchillas de corte, y por el otro extremo, van acopladas las poleas, que unidas al motor por medio de correas, reciben la transmisión de movimiento.

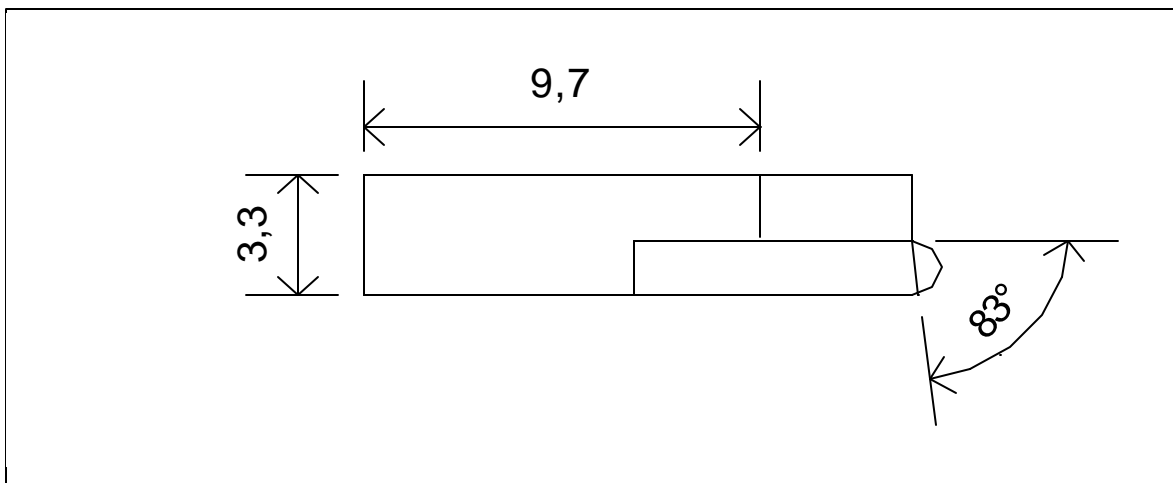


Figura 21. Cuchillas móviles acopladas al eje

## 5.2 CUCHILAS MÓVILES

Las cuchillas móviles, son aquellas que están acopladas directamente al eje, y las cuales están girando a una velocidad de 1047.1Rpm. A dicha velocidad, las cuchillas deben cortar el polietileno en pequeños, y generar el calor suficiente para alcanzar la temperatura adecuada para aglutinar la materia prima.

Las cuchillas que posee actualmente la empresa New Polymer, tienen un ángulo de penetración de  $83^\circ$  véase gráfica 3 y el filo de estas, es de mas de 1 mm de espesor.



Gráfica 3. Vista frontal del sistema de cuchillas (cm)

Está sujeta al porta cuchillas mediante tornillos y fabricada en acero, son dos cuchillas en total las que efectúan el corte, echas en un acero 4140 y como tratamiento térmico se les hizo templado y revenido, "Bonificado".

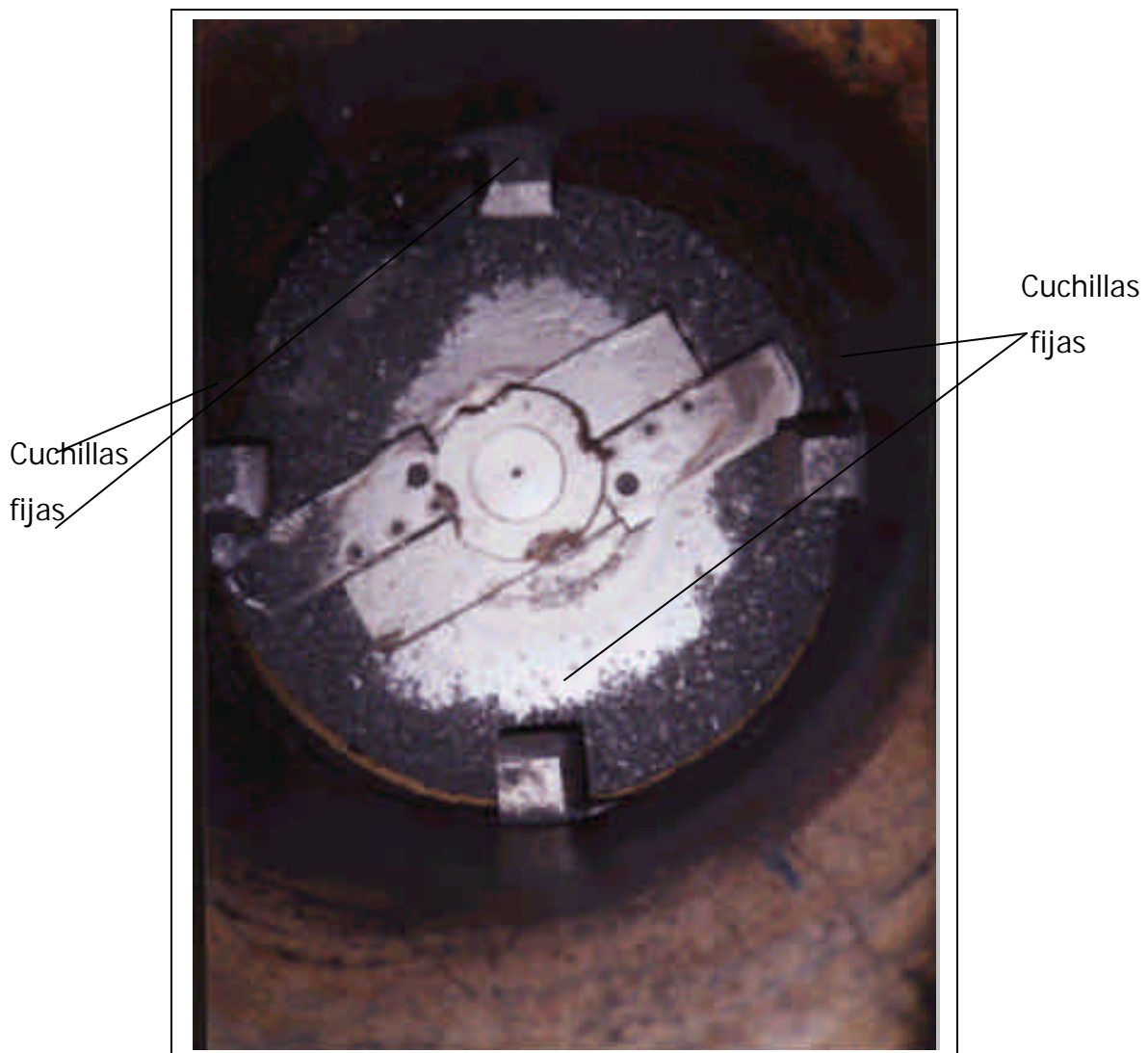
### 5.3 CUCHILLAS FIJAS

En la parte estática, se encuentran el conjunto de cuchillas fijas, estas cuchillas permanecen siempre en reposo, y se encuentran fijas al tanque o contenedor.

En total, son cuatro cuchillas fijas, las cuales están colocadas uniformemente alrededor del contenedor.

Dichas cuchillas ayudan al corte del material, cuando este, por efecto de las cuchillas móviles se encuentra girando en el sentido de rotación de las cuchillas móviles.

El material del que están hechas es de acero templado.



Gráfica 4. Cuchillas fijas.



## 5.4 CONTENEDOR

El contenedor, es el recipiente donde se coloca la materia prima, para que esta sea aglutinada. El contenedor sostiene las cuchillas fijas, además de mantener la temperatura de aglutinamiento.

La forma de este, es la de un cilindro, con un diámetro de 61cm y una altura total de 77cm, está fabricado en hierro común, y posee una abertura , como una compuerta, donde después de procesado el material, se abre, permitiendo la salida del material.

Dicha compuerta, por acción del tiempo y años de uso, se encuentra deteriorada, por lo cual ocurren pérdidas del material en el momento mismo del aglutinado, en vista de esto, el operario se ve obligado a acuñar dicha compuerta con una tranca y colocar en la compuerta de salida, un saco para recoger el producto que se sale, para luego introducirlo y que este se aglutine. Pero siempre en dicho proceso ocurren pérdidas de materia prima.

El contenedor está anclado a una base mediante pernos, en dicha base se encuentran las cuchillas móviles.

## 5.5 MOTOR

La aglutinadora de la empresa New polymer, es accionada por un motor de 18 hp, véase cuadro3. El cual se encuentra anclado verticalmente a un costado de la máquina.

Cuadro 3. Características del motor de la aglutinadora

Motor Siemens	
Tamaño	BG160m
Tipo de Servicio.	Si
Forma de construcción.	IM-B3IP44
Potencia.	18 Hp
Aislamiento	C.I
220 ??/440 ?	V 47/23.5 A
Cos f 0.86	60Hz
1730 Rpm	Fel 34/83

El posible sobrediseño del motor, de igual manera genera gastos innecesarios, ya que la empresa de luz, penaliza o cobra la potencia reactiva, aunque en la empresa New Polymer no se tiene en cuenta, ya que cuenta con banco de condensadores, diseñados para evitar la descompensación de energía. La potencia reactiva es la potencia que mantiene girando al motor. Con un motor sobrediseñado, el consumo será mayor, y por tanto habrá más pérdidas por el consumo de energía, además del desgaste que sufren las piezas de la maquinaria.

## 5.6 POLEAS Y CORREAS

La transmisión de potencia se realiza mediante correas trapezoidales o correas en "V", actualmente, la aglutinadora utiliza dos correas trapezoidales. Se verificará el montaje de esta, sobre la polea, ya que una banda en V debe montarse con su superficie superior aproximadamente a ras con la parte superior de la polea; teniendo en cuenta que quede un claro entre la base de la banda y la base de la ranura, de modo que la correa quede montada sobre las paredes de la ranura.

Se verificará esto, ya que siempre se buscan los ángulos de la ranura de la polea acanalada, un poco menores que los ángulos de la sección de la banda, haciendo que estas últimas entren como cuñas en las ranuras.

## 6. REDISEÑO DE LA AGLUTINADORA

En este capítulo, estudiaremos el proceso en sí de aglutinamiento, y las leyes mecánicas que lo rigen para después de hacer los respectivos cálculos que nos dará las condiciones o parámetros más óptimos, entre las cuales debe estar la aglutinadora, para que su desempeño sea más eficiente, con un menor consumo de energía, para de esta manera, aumentar el rendimiento.

### 6.1 MOTOR

Como la máquina actúa por un corte que efectúan las cuchillas al materia a aglutinar, gracias a un movimiento rotatorio que se transmite por medio de un eje, donde están sujetas dichas cuchillas, podemos partir del concepto de potencia como se muestra a continuación.

Partiendo del concepto de potencia tenemos:

$$P = T \times W$$

$T =$  torque que se ejerce en el eje ; el cual a su vez está dado por:  $T = (f \times r)$ , de donde "f" es la fuerza que se desarrolla en las cuchillas, necesaria para efectuar el corte del material, y "r", es el radio promedio de la cuchilla. Para efectos de

calculo, se utiliza el radio promedio, que viene dado por la formula:  $rp = r - \frac{l}{2}$ , de

donde "r" es la distancia desde el centre de la máquina el extremo de la cuchilla, y

"l" es la longitud total de la cuchilla.

W= Velocidad angular del eje.

Cuadro 4. Datos de la aglutinadora

Dato	Símbolos
Longitud de la cuchilla: 17.4 cm	l
Radio: 22.3 cm	r
Radio promedio: 13.6 cm	rp
Diámetro polea mayor 38 cm	D1
Diámetro Polea menor 23 cm	D2
Revoluciones del motor	Rpm

El procedimiento es el siguiente: Reemplazando las formulas básicas tenemos:

$$P = (f \times r) \times W \quad (\text{Ecuación 1})$$

Utilizando las relaciones poleas y revoluciones de la máquina conductora, como de la inducida, obtenemos las revoluciones de esta última, es decir del eje de la aglutinadora.

$$\text{Revolución eje : } \frac{23cm * 1730rpm}{38cm} = 1047.1rpm$$

Revoluciones del eje : 1047.1 rpm.

Conversión a radianes

$$1047.1 \frac{rev}{min} * \frac{2 * \pi rad}{1 rev} * \frac{1 min}{60 s} = 109.65 \frac{rad}{s}$$

**Tabla 1. Propiedades típicas de algunos materiales**

Material	Tipo (Ü)	Estado W	Resistencia Máxima Su	Resistencia Máxima a la Compresión.	Resistencia En Flexión. Si
			Kgf/cm <sup>2</sup>	Kgf/cm <sup>2</sup>	Kgf/cm <sup>2</sup>
Fenol-formaldehído					
Calidad X (b) (1)	TS	L. Planchas.	984	2460	1617
Calidad XX (b) (1)	TS	L. barras	547	1406	1054
Calidad C (b) (1)	TS	L. barras	527	1406	1195
Calidad A (b) (1)	TS	L. barras	421	1054	703
Urea-Formaldehído	TS	M	632	1757	703
Policlorúro de vinilo	TP	M	562	703	
Polimetacrilato de metilo	TP	M	562	984	632
Poliestireno	TP	M	651	808	421
Poliamida	TP	M	829	344	970
Acetato de celulosa	TP	M	316	1046	
<b>Polietileno</b>	<b>TP</b>	<b>M</b>	<b>119</b>	<b>28</b>	<b>119</b>
Politetrafluoretileno	TP	M	267	126	140
Cloruro de polivinilideno.	TP	M	351	168	

Para hallar el esfuerzo de corte, es decir, el esfuerzo que se genera en las cuchillas para realizar el proceso, partimos de la resistencia al corte del polietileno, utilizando de este, su esfuerzo último que sería 119 Kgf/cm<sup>2</sup>, según tabla 1.

$$S_u = 119 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * \frac{(1\text{cm}^2)}{(100\text{mm}^2)} = 1.19 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2}$$

Con el esfuerzo ultimo del polietileno, calculamos un esfuerzo de corte, que sería igual como máximo, el valor del esfuerzo ultimo, pero esto en la practica no se da, así que se emplea un porcentaje prudente de este.

$$\tau_c = 0.3 \left( 1.19 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2} \right) = 0.357 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2}$$

Después calculamos el área de corte de las cuchillas, refiriéndonos a la parte de la cuchilla donde se efectúa el corte, es decir, el filo de la cuchilla, y recordando que son dos, las cuchillas móviles que intervienen en el proceso.

$$A_c = H * Z * L$$

Donde:

H= altura de la cuchilla

Z = # de cuchillas

L = Longitud de la cuchilla

$$A_c = 0.5\text{mm} \cdot (174\text{mm}) \cdot 2$$

$$A_c = 174\text{mm}^2$$

Partimos del concepto de esfuerzo de corte, para de esta manera hallar la fuerza que se requiere para realizar el corte:

$$t_c = \frac{F_c}{a_c} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$\tau_c$  = Esfuerzo de corte

$F_c$  = Fuerza de Corte

$A_c$  = área de corte.

Despeamos la fuerza de corte, de la ecuación 2

$$F_c = t_c \cdot a_c$$

Anteriormente se había calculado que  $\tau_c = 0.357 \text{ Kgf/mm}^2$

Y se procede a hallar la  $F_c$  de la siguiente manera:

$$F_c = \tau_c \cdot a_c$$

$$F_c = 0.357 \text{ Kgf/mm}^2 \cdot 174\text{mm}^2$$

$$F_c = 62.118\text{Kgf (b)}$$

Dicha fuerza hallada, es el valor que se necesita para efectuar el proceso de corte, con ella determinamos la cantidad de caballos de fuerza que se necesitan para suministrar dicha fuerza.



Reemplazando en la ecuación 1 tenemos:

$$P = (f \times r) \times W$$

$$P = (62.118 \text{ Kgf} \times 0.136 \text{ m}) \times 109.65 \text{ rad /s}$$

$$P = 926.328 \text{ Kgf} \cdot \text{m/s}$$

Utilizando la tabla de conversiones tenemos:

$$926.328 \text{ Kgf} \cdot \text{m/s} = 12.18 \text{ Hp}$$

La aglutinadora, necesita para su correcto desempeño, 12.18 Hp, de esta manera se puede observar que el motor está sobrediseñado, ya que la empresa New Polymer, utiliza un motor de 18Hp, para mover la aglutinadora.

Tomando catálogos de las empresas fabricantes y distribuidoras de motores, se elige el motor inmediatamente superior a la potencia requerida. Utilizando un catalogo para motores de marca siemens, tenemos que el motor inmediatamente superior a el valor de potencia hallado es 15 hp, trifásicos de 4 polos, de 1800rpm, véase cuadro 5.

En cualquier diseño, el sobre dimensionamiento de cualquiera de las partes de la máquina, siempre genera gastos innecesarios, además de que la máquina no trabaja a óptimas condiciones.

En nuestro caso, los gastos con el motor sobrediseñado, los gastos se manifiestan en un mayor consumo de energía, energía que no se necesita para el desempeño de la máquina.

Cuadro 5. Características del motor hallado

Motor Siemens	
Tamaño	132 S/M
Tipo de Servicio.	1LA5 134
Forma de construcción.	B3 <sup>2</sup>
Potencia.	15 Hp
Protección	Totalmente cerrado IP 54
220 ??/440 ?	43.20 A/21.60 A
Cos f 0.86	60Hz
1800 Rpm	Fel 34/83

Recordamos que el motor que posee la aglutinadora de la empresa New Polymer es de 18Hp.

## 6.2 EJE DE LA AGLUTINADORA

El eje de la aglutinadora, es un eje que está trabajando a torsión, por el giro que se le imprime para que corte el material, y el esfuerzo que se crea, en dicho proceso.

Por tal motivo partimos de la formula que relaciona la potencia con el par de torsión.

$$Ps = \frac{T * W}{63000} \text{ (Ecuación 3)}$$

Y de esta formula se despeja el Torque.

$$T = \frac{Ps * 63000}{W}$$

De donde :

$$Ps = 15 \text{ Hp}$$

$$W = 1047.1 \text{ rpm}$$

$$T = 902.49 \text{ lb.in}$$

Nota: Para efectos de este calculo, se empleó el motor corregido, que sería el motor de 15 hp.

El Eje de la aglutinadora es macizo, por lo tanto el esfuerzo cortante a torsión que aparece, esta dado por la formula para ejes macizos como se muestra a continuación.

$$\tau = \frac{T * r}{J}$$

$$r = d/2$$

$$J = \frac{\mathbf{p} * d^4}{32}$$

$$\tau = \frac{16 * T}{\mathbf{p} * d^3} \text{ (Ecuación 4)}$$

Utilizamos la teoría del esfuerzo cortante máximo

$$S_{xy} = \frac{S_y}{2} \text{ (Ecuación 5)}$$

Igualando las ecuaciones cuarta y quinta, tenemos:

$$\frac{16 * T}{\mathbf{p} * d^3} = \frac{S_y}{2}$$

y despejando el diámetro tenemos:

$$d^3 = \frac{32 * T * N_s}{S_y * \mathbf{p}}$$

Utilizando un factor de seguridad para el diseño de 2, tomando como base nuestro criterio de diseño, debido a que el elemento no está sometido a choques ni cargas invertidas, asumiendo un acero 1045 CD,  $S_y = 45000$  Psi obtenemos:

$$d = 0.742 \text{ in}$$

Este resultado muestra el diámetro relativo, ahora utilizando un factor de seguridad  $N_s$  por rigidez del material y proceso necesario para efectuar el acople de las cuchillas al eje, obtenemos un diámetro real.

$$d = N_s \cdot (d_r) = 2(0.742 \text{ in}) = 1.484 \text{ in} = 3.769 \text{ cm}$$

Se toma un diámetro inmediatamente superior de  $1.5 \text{ in} = 3.81 \text{ cm}$ , este diámetro es estandarizado.

### **6.3 CUCHILLAS DE CORTE**

Las cuchillas de corte, son el elemento fundamental de la máquina aglutinadora, ellas se encargan del corte del material, así como de crear la fricción para que este se caliente. Como se había mencionado se eligió un acero 4140, con temple y revenido, para de esta forma dar la dureza y tenacidad adecuada del material y que cumpla con las exigencias, como el material a cortar no es demasiado duro,

polietileno, con este acero y el tratamiento efectuado, nos aseguramos que el corte se realice de una manera eficiente.

Un buen diseño de cuchillas es importante porque de este dependerá el aumento de la eficiencia de la máquina.

Para nuestro diseño verificamos primero el ángulo de entrada de las cuchillas y el espesor que posee el filo de la cuchilla, vemos que está posee un ángulo de  $83^\circ$ , como se muestra en la gráfica 3. El espesor que se tomó es de 1 mm, además del desgaste que presenta el filo, lo que no lo hace uniforme.0

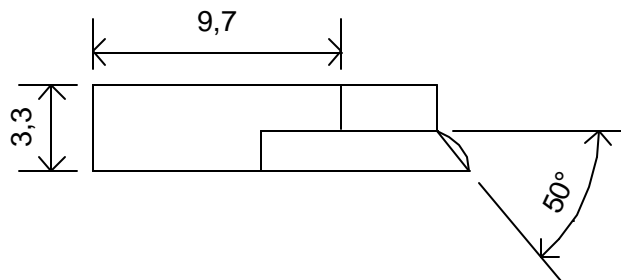
La gráfica muestra el ángulo de penetración de la cuchilla, además de la imperfección en su filo.

El primer paso a tomar es de darle a la cuchilla el ángulo apropiado de corte, un ángulo mas agudo que permitiera penetrar mejor el material a aglutinar.

Investigando sobre los materiales y herramientas de corte, además de las consultas que se le hicieron e los encargados de las máquinas aglutinadoras de otras empresas, vimos que el ángulo de entrada estaba entre  $43^\circ$  y  $54^\circ$  ya que esos rangos de ángulos son los mas apropiado para el corte de materiales plásticos, entre estos es polietileno, tomamos un ángulo de  $50^\circ$ . El cual se

implemento en las cuchillas de la empresa New Polymer, con el objetivo de mejorar su eficiencia, sometiéndolas a un rectificado. Además, el filo de la cuchilla, que antes estaba por encima de los 0.5 mm, se llevó a cero, de esta manera, el rendimiento en el corte de las cuchillas se aumentó.

Así, rediseñando las cuchillas, éstas quedan con un ángulo de penetración de  $50^\circ$  y un filo que tiende a cero. Véase gráfica 6.



Gráfica 6. Vista frontal de la cuchilla rediseñada(cm)

Se puede apreciar la mejora del filo y el ángulo de penetración.

## 6.4 POLEAS Y CORREAS

Pos la distancia corta entre centros, la velocidad de giro a la cual se trabaja, se utilizan correas de sección transversal de bandas en V.

Las transmisiones de banda en V se emplean mucho, éstas transmisiones constan e esencia de bandas sin fin, se sección transversal trapezoidal, véase anexo B, que va montadas en las ranuras con forma de V de las poleas, véase anexo C.

Las bandas se forman de tela y cuerda, impregnadas con caucho, siendo el material de la cuerda algodón, rayón, fibra sintética, o acero. Las transmisiones que emplean estas bandas son silenciosas, capaces de absorber choques y funcionan con bajas presiones en los cojinetes.

La elección de las poleas es a según se desee la velocidad del eje, para mantener las mismas revoluciones a la que gira el eje, los diámetros de las poleas serán los mismo que posee la máquina actualmente, y mas adelante se verificará por catálogos del fabricante, si los diámetros que poseen la aglutinadora están dentro de los recomendados y si cumplen o no con los parámetros de diseño.

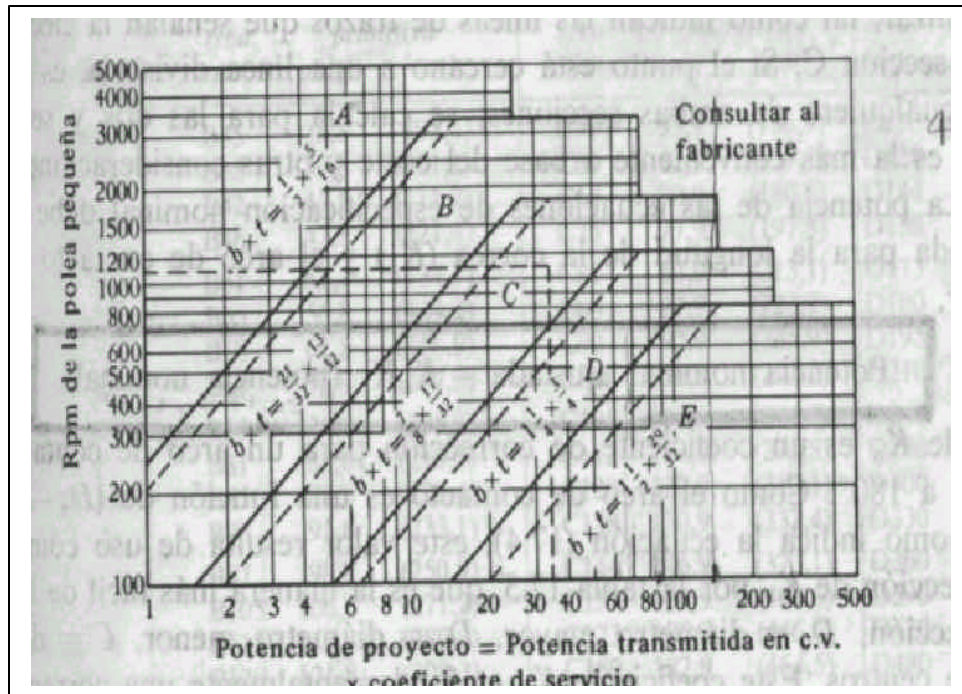


**6.4.1 Optimización y selección de las correas.** Para saber la sección de la correa utilizamos una grafica que relaciona la potencia de proyecto con las revoluciones de la polea pequeña.

Dichas gráficas nos da el tipo de correas o las dimensiones de correa trapezoidal según el ASA. véase gráfica 2. Las dimensiones de las correas son de dos tipos básicos: De sección transversal convencional que son los tipos "A, B, C, D, E" , y la de sección transversal estrecha, que son los tipos: "3V, 5V, 8V".

Cada una de estas secciones tienen sus medidas estándares, para cada sección que se desee, véase anexo A.

Para poder utilizar la gráfica correctamente, nos basamos en dos parámetros, las revoluciones de la polea pequeña, en el eje de las ordenadas, y los caballos de vapor del motor que se está utilizando, en el eje de las abcisas.



Gráfica 5. Selección de la sección transversal de correas

**La potencia de proyecto es igual a la potencia transmitida en Cv x coeficiente de servicio.**

En la practica, se toma el como iguales , para fines de calculo, los hp y los cv.

La potencia a transmitir es 15 Hp, y esta se multiplica por un coeficiente de servicio véase tabla 3. Que depende de la máquina conductora y conducida, como de las condiciones de trabajo de las máquinas.

Utilizando la tabla 3, para una máquina conductora: motor de jaula de ardilla, par normal y una máquina conducida, semejante a un molino o trituradora

Tabla 3. Factor de servicio

Máquina Conducida	Máquina Conducida					
	Motores eléctricos C.A fase partida C.A de jaula de ardilla par normal, sincrónos Motores de combustión interna			Motores eléctricos C.A monofásicos devanado serie C.A alto par o alto deslizamiento Embragues sobre eje conductor		
	3-5 horas	8-10 horas	16-24 horas	2-5 horas	8-10 horas	16-24 horas
Agitadores de líquidos Sopladores Bombas centrífugas Compresores Ventiladores hasta 10Hp	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Ventiladores por encima de 10 hp Generadores Máquina de lavado Bombas de desplazamiento positivo	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Compresor de pistones Bomba de pistones Maquinaria textil Pulverizadores Trituradoras, machacadoras Molinos Mezcladoras	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Aplastadores de mandíbulas giratoria Enarbolamientos Retorcedoras Continuas de hilar	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Tenemos el valor del factor de servicio.

Con las condiciones de maquinaria corresponde un factor de servicio,  $N_{sf}$  de 1.4

De eso tenemos que la potencia de proyecto =  $15 * 1.4$

Potencia de proyecto = 21. Hp.

Con una potencia de proyecto = 21 y unas revoluciones = 1047.1, tenemos que nuestra correa trapezoidal es de tipo C. Con el tipo de correa, obtenemos también por medio de tablas, Véase cuadro 6, los diámetros recomendados de poleas que para nuestro diseño, el diámetro mínimo de polea para la más pequeña es 9 in (22.86 cm) y el que estamos utilizando es 9.055 in (30cm), de esta parte verificamos que la polea que actualmente posee la aglutinadora es correcta.

En el cuadro 6 que se presenta a continuación, se darán los valores de los diámetros mínimos de poleas a utilizar en la transmisión, así como las dimensiones de las ranuras estándar.

Las poleas se fabrican en todos los valores de tamaño y tipo de correa enlistado.

Cuadro 6. Dimensiones de las poleas y correas trapezoidales industriales

Sección Transversal De correa	Diámetro de paso		Dimensiones de la ranura estándar					
	Mínimo (plg)	Rango (plg)	$\alpha$ $\pm 1/2$ Grados	$b_g$ plg	$h_g$ $\pm 0.031$ plg	$\alpha$ plg	S $\pm 0.031$ plg	$S_o$ plg
A	3.0	2.6 a 5.4 Más de 5.4	34 38	0.494 $\pm 0.005$ 0.504	0.490	0.125	5/8	+0.07 3/8 -0.00
B	5.4	4.6 a 7.0 Más de 7.0	34 38	0.637 $\pm 0.005$ 0.650	0.580	0.175	3/4	+0.15 1/2 -0.00
C	9.0	7.0 a 7.99 8.0 a 12.0 Más de 12.0	34 36 38	0.879 $0.877 \pm 0.007$ 0.895	0.780	0.200	1	+0.15 11/16 -0.00
D	13.0	12.0 a 12.99 13.0 A 17.0 Más de 17.0	34 36 38	1.259 $1.271 \pm 0.007$ 1.283	1.050	0.300	1 7/16	+0.25 7/8 -0.00
E	21.0	18.0 a 24.0 Más de 24.0	36 38	1.527 $\pm 0.010$ 1.542	1.300	0.400	1 3/4	+0.250 1 1/8 -0.00

El número de correas también es importante, ya que estas van a transmitir toda la potencia del motor al eje. Para calcularlo, partimos de:

$$\#Correas = \frac{Potencia\_de\_proyecto}{Potencia\_no\ min\ al\_austada}$$

Potencia de proyecto = 21 Hp.

Potencia nominal ajustada =  $K\theta.KI$  (potencia nominal)

$$Potencia\_no\ min\ al = \left[ 2.98 * a * \left( \frac{1 * 10^3}{Vm} \right)^{0.09} - \frac{8.43 * c}{k_d * D1} - 35.72 * e * \frac{Vm^2}{1 * 10^6} \right] * \frac{Vm}{1 * 10^3} cv$$

Por la gráfica 1, tenemos el tipo de correa "C" y en la tabla 6 obtenemos los valores de las variables que aparecen en la ecuación anterior.

Tabla 6. Datos de constantes y variables

Dato	Valor
A	8.792
C	38.819
E	0.0416
D1	23cm
Vm	756.6 mpm
Kd	1.12

$$potencia\_no\ min\ al = [26.866 - 12.703 - 0.850] * 0.7566$$

$$Potencia\_no\ min\ al = 10.7cv$$

Calculamos la potencia nominal ajustada =  $K\theta.KI$  (potencia nominal)

De donde:

Utilizando la relación  $\frac{D_2 - D_1}{C} = 0.288$  y la tabla 7.

D2: Diámetro mayor

D1: Diámetro menor

C: Distancia entre centros

Tabla 7. Coeficiente de arco de contacto  $K\theta$

$\frac{D_2 - D_1}{C}$	Constante	$K\theta$
	VV	V-plana
0.00	1.00	0.75
0.10	0.99	0.76
0.20	0.97	0.78
0.30	0.96	0.79
0.40	0.94	0.80
0.50	0.93	0.81
0.60	0.91	0.83
0.70	0.89	0.84
0.80	0.87	0.85
0.90	0.85	0.85
1.00	0.82	0.82
1.10	0.80	0.80
1.20	0.77	0.77
1.30	0.73	0.73
1.40	0.70	0.70
1.50	0.65	0.65

Obtenemos el coeficiente  $K\theta = 0.9612$

El coeficiente  $K_I$  de la potencia nominal ajustada corrige el efecto de la longitud y se obtiene de la tabla 8.

Para utilizar la tabla se necesita la longitud de la correa que se calcula como sigue a continuación.

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

Tabla 8. Corrección de longitud kl

Designación de la longitud normalizada(cm/in)		Sección transversal				
		A	B	C	D	E
116.8	46	0.92	0.87	---	---	---
129.5	51	0.94	0.89	0.80	---	---
139.7	55	0.96	0.90	---	---	---
152.4	60	0.98	0.92	0.82	---	---
172.7	68	1	0.95	0.85	---	---
190.5	75	1.02	0.97	0.87	---	---
203.2	80	1.04	---	---	---	---
205.7	81	---	0.98	0.89	---	---
215.9	85	1.05	0.99	0.90	---	---
228.6	90	1.06	1.00	0.91	---	---

C = 52 cm



$$D2 = 38$$

$$D1 = 23$$

$$L = 200.85 \text{ cm}$$

La longitud normalizada de la correa inmediatamente superior es 203.1 cm y para el tipo C que corresponde nuestra correa, el factor  $Kl = 1$ , ya que la tabla no muestra valor diferente.

$$\text{Potencia nominal ajustada} = 10.07 * 1.05 * 0.9612$$

$$\text{Potencia nominal ajustada} = 10.16 \text{ cv}$$

$$\# \text{ correas} = \frac{\text{Potencia\_de\_proyecto}}{\text{Potencia\_no min al\_ajustada}}$$

$$\# \text{Correas} = \frac{21.3Cv}{10.7Cv}$$

$$\# \text{correas} = 1.99$$

Este valor de 1.99, se redondea o se acerca la número entero más cercano, que en este caso, sería dos. De esta manera, el número de correas necesarias para transmitir la potencia de el motor de 15 Hp, son dos correas.

El número de correas a utilizar es dos, la empresa New Polymer ya posee el número de correas adecuado, porque la máquina tiene instalada dos correas. (ver figura 22)



Figura 22. Motor y poleas

**6.4.2 Poleas.** Las poleas que actualmente tiene la aglutinadora, entra dentro de los parámetros de diseño. Tomando en cuenta los catálogos del fabricante y libros de diseño, vemos que los diámetros establecidos cumplen los valores mínimos requeridos para transmitir la potencia. Véase cuadro 6.

Del cuadro 6 se observan las medidas mínimas que debe tener la polea de acuerdo a la sección elegida, así como las dimensiones de las ranuras, que para mayor comprensión, se explican cada una de las variables en el anexo c.

En el proceso de aglutinar, las revoluciones a la cual deben girar las cuchillas, no están especificadas en libros o catálogos para consulta. Todos los valores que utilizan las diferentes empresas se han dado por la práctica y la experiencia de los operarios de las máquinas de aglutinar, cada uno de ellos nos dio su opinión de acuerdo a sus resultados, y estos aunque diferían, se pudo establecer que un rango de velocidades para un buen desempeño, sería de 1000 – 1400 revoluciones del eje de la aglutinadora. Estos datos fueron obtenidos de la consulta con ingenieros y personal experto en el proceso de aglutinamiento y la respectiva maquinaria, con base a ello, vemos que las revoluciones a las que gira nuestro eje son satisfactorias para el proceso, dichas revoluciones las obtuvimos empíricamente mediante la relación de poleas y experimentalmente utilizando un tacómetro.

Haciendo un análisis de las dos máquinas, la que gira a 1400 revoluciones, y la de la empresa New Polymer, que gira a 1047.1 revoluciones, vemos que la primera, aunque corta y aglutina en un menor tiempo, presenta problemas por daño de rodamientos y soldadura mecánica con mayor frecuencia que la aglutinadora New

Polymer. Por tal motivo, y a decisión del gerente de la empresa New Polymer, y basándonos en que los diámetros actuales de la aglutinadora están dentro de los correctos, concordamos en no cambiar las revoluciones del eje, ya que el desempeño de la máquina es óptimo al no tener que hacer muchos gasto de mantenimiento en la máquina.

## **6.5 CONTENEDOR**

En el rediseño de la aglutinadora, tenemos como objetivo incrementar la eficiencia de la máquina, manteniendo en lo posible ciertos parámetros que serían muy costosos de cambiar.

El contenedor donde se introduce la materia prima para efectuar el proceso, solo presenta una falla, y se localiza en la compuerta de descargue del material aglutinado, ya que por el tiempo de uso, esta se ha ido desgastando, presentando pérdidas del material al momento de efectuarse el proceso de aglutinación.

Dicha falla se corrige ajustando la compuerta para que de esta manera, quede sellada y se evite la perdida de material.

## 6.6 AISLANTES TÉRMICOS

La teoría actual establece que el calor es una forma de Energía y el calor que se aplica, a un cuerpo siempre estará representado por un aumento en la energía de dicho cuerpo, y al igual que la energía eléctrica, se transmite con mayor facilidad, a través de determinados materiales y fluye con dificultad en otros.

Los materiales que presentan gran resistencia al paso del calor, se denominan materiales aislantes.

Entonces un aislamiento térmico es un material que reduce el flujo de energía térmica y conserva el calor donde es requerido, o lo evita en aquellas áreas donde no es deseado (refrigeración).

Es importante hacer notar que no existe un material aislante perfecto, es decir ningún material, detiene totalmente el paso del calor a través de él.

Los procesos industriales requieren de temperaturas altas que se obtienen en forma artificial. El conseguir dichas condiciones artificiales de temperatura presupone un costo.

Una vez alcanzada la temperatura requerida, es muy importante conservarla el mayor tiempo posible, lo cual se logra mediante los materiales que conocemos como aislamiento.

Los equipos que están siendo calentados, simultáneamente están perdiendo parte de ese calor que se les suministra, cediéndolo al ambiente que los rodea, y que está a una temperatura inferior.

Por medio de materiales aislantes, las pérdidas de calor por unidad de tiempo serán mucho menores, pues el aislamiento reduce al mínimo la fuga de calor, y una vez esté aislado, requerirá menor suministro de calor, y por lo tanto necesitará menos energía para producirlo, y esto significa también, menor gasto de operación por hora, entonces: El aislamiento representa una verdadera economía y se paga solo.

Es una ley natural el que las temperaturas tiendan a igualarse con las del ambiente y siempre cuesta dinero operar un equipo para mantener un "algo" caliente o frío.

El aislamiento es una herramienta valiosa en conservar ese "algo" caliente o frío, es los diversos procesos industriales, en todos los cuales el aislamiento de las instalaciones calientes o frías evita una verdadera fuga de dinero .

Básicamente los aislamientos térmicos son materiales que se utilizan con el fin de conservar el calor o controlar la temperatura. Esta energía en forma de calor tiene un valor monetario, representado en la economía del combustible o energía.

Para nuestro proyecto, con la aglutinadora, que necesita conservar el calor, la economía es de energía mecánica y el ahorro de la misma, está representado en el menor tiempo de funcionamiento de la máquina para realizar el proceso de aglutinado.

Termodinámicamente cuando la energía se utiliza para producir calor, el flujo de este, es de adentro hacia fuera, como es nuestro caso, y cuando la energía se utiliza para desplazarlo (enfriadores) el flujo es inverso. En ambos casos el aislamiento térmico ayuda a ahorrar gran parte de la energía necesaria para estos procesos, y el óptimo aislamiento hacen que los equipos sean más eficiente y trabajen con menores costos.

El objetivo de la técnica de los aislamientos es entonces encontrar los materiales apropiados para lograr que el intercambio de calor entre los cuerpos sea el menos posible.

Además de eso, el aislamiento brinda seguridad y protección al trabajador u operario quien está expuesto a la máquina por un tiempo mínimo de 4 horas. Dicho calor afecta su salud, convirtiéndose en un riesgo no solo para él, sino para la empresa.

Debido a que la temperatura de la máquina, respecto a la capacidad de los aislantes no es muy elevada, 90-100°C en el interior y 60-70°C en la parte externa, existen una gran variedad de aislantes para utilizar, nosotros como ingenieros, buscamos el mas adecuado, basándonos es las condiciones de la máquina, el espacio disponible para el aislante, un aislante que pueda virtualmente ser elaborado para cualquier figura y tamaño de equipo, particularmente aquellos que requieren mantenimiento o inspecciones periódicas, que tenga buena maniobrabilidad, y pueda ser montado y desmontado con el mínimo de personal, sin entrenamiento especial, aún con los equipos en funcionamiento. Un aislante que sea reusable y posea larga vida de los componentes, y sea menos costoso que otros aislamientos rígidos.



Los elementos mencionados a continuación, responden a las normas ASTM, NFPA, etc.

#### 6.6.1 INSUL-QUICK

El recubrimiento que utilizaremos para aislar térmicamente la máquina se llama "*insul-quick*", este producto es fácil de maniobrar, y se puede adaptar en forma de placas, de tal manera que sea cómodo y sencillo el montaje y desmontaje de este, cuando el caso se amerite, Véase figura 20.

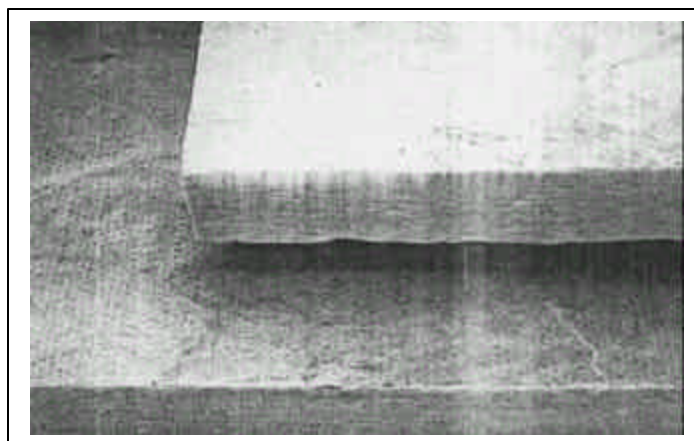


Figura 20. Insul Quick

**6.6.1.1 Material aislante.** La fibra de vidrio constituye uno de los mejores aislamientos térmicos conocidos, debido precisamente a su naturaleza fibrosa con filamentos extremadamente finos, sin contaminantes que entrelazados forman infinitos número de pequeñas celdas con aire en reposo, reduciendo la transmisión de calor.

Las características más sobresalientes de la fibra de vidrio son las siguientes:

- Bajo factor de conductividad térmica, lo que origina una resistencia térmica muy alta.
- Alta absorción acústica, por su alto coeficiente de reducción de ruido, (NCR).
- Dimensionalmente estable, con los cambios de temperaturas.
- Es un material incombustible por su origen totalmente inorgánico.
- Es un material muy liviano.
- Es resiliente, o sea, tiene la propiedad de recuperar su forma, cuando cesa la presión que lo deformó.

- No absorbe humedad en atmósferas húmedas.
- Fácil de instalar.
- Es económica.

Este aislante térmico es como una placa, formado por varias capas, el material que tiene la función de aislante, es fibra de vidrio de alta densidad, para temperaturas hasta 950°F, (510°C). véase cuadro 10.

Cuadro 10. Especificaciones del material aislante

Especificaciones	
Dimensiones	<b>Ancho 48in (1.22m)</b> Largo 120in (3.05m) Espesor 1 1/2 in a 4in, en incrementos de 1/2 de pulgadas
Conductividad térmica	0.24 BTU.pulgada /hr.pie <sup>2</sup> . °F
Temperatura de utilización	Máximo 950°F (510°C)
Empaque	Cajas de cartón
Peso	2.7 libras/metro (1.22 Kg/m)

**6.6.1.2 Transmisión de calor.** La temperatura a la cual trabaja la máquina aglutinadora, es una temperatura que no excede los 110°C en el interior.

Para saber el espesor adecuado de el aislante, nos remitimos a los catálogos del fabricante, ellos de acuerdo a la temperatura de funcionamiento de la máquina, recomiendan un espesor apropiado. Véase cuadro 13.

Cuadro 13. Espesores recomendados de aislante

Aislamiento para equipos y superficies calientes, espesor recomendado en pulgadas					
Temperatura de operación					
°F	°C	Espesor recomendado pulgadas	Temperatura Superficial °F	Ahorro Energía BTU/h*m <sup>2</sup>	Eficiencia Alojamiento %
150	65	1.5	89	1511	93.8
250	121	3	94	4726	96.9

350	176	3	104	9115	97.2
450	232	3.5	112	15009	97.7
550	288	4	119	22694	98.1
650	343	4.5	127	32537	98.3
750	399	4.5	139	44885	98.4
850	454	5	147	60326	98.6
900	482	5.5	149	69376	98.8
950	510	6	151	79374	98.9

Como la temperatura externa de la máquina aglutinadora es de 60-70°C, nos referimos a la tabla y vemos que el espesor recomendado por los fabricantes es de 1.5 pulgadas de material aislante.

Este espesor nos dará una temperatura externa de 89°F que equivalen a 31.6°C, temperatura deseada en la superficie externa de la máquina, no solo por la confortabilidad que se le brindará al operario de la máquina, sino también por el ahorro de energía que se consigue.

**6.6.1.3 Diseño del molde del aislante.** Debido a que lo que se quiere es un diseño fácil de montar y desmontar por los operarios de la máquina aglutinadora, cuando se realice el mantenimiento de esta, además de minimizar los costos por la mano de obra, y teniendo en cuenta el tamaño de la máquina aglutinadora, el cual no es muy grande en comparación con otras máquinas que se aíslan térmicamente

en la industria, los autores diseñamos la forma de montaje del aislante con los siguientes criterios:

- Economía en los materiales a utilizar.
- Cumplimiento del objetivo de bajar la temperatura.
- Adaptación del material aislante (rígido) a la curvatura de la máquina.
- Sistema de protección del material aislante.

Esto se logro de la siguiente manera:

- Como el material aislante es rígido y no permitía la curvatura, se cortó en láminas rectangulares de 15cm por 67cm.
- Para fijar el material aislante a la máquina aglutinadora, se diseñó un sistema de retención, el cual consiste en un platina doblada con un diámetro mayor en dos pulgadas a el diámetro del la máquina aglutinadora, a la cual se le soldaron pernos distanciados 15cm entre si, colocando el aislante entre la platina y la máquina, quedando este presionado.
- Para proteger el material aislante se diseño una camisa en aluminio de 0.3mm adaptada a la forma de la máquina y del aislante.
- Se implementó un sistema de fijación de la camisa a la aglutinadora consistente en dos zunchos.

Este sistema de aislamiento térmico, cumple los objetivos buscados, ya que se logro reducir el intercambio de calor de la máquina con el medio ambiente, mejorando su eficiencia y además de eso, minimizando los costos, ya que estos, diseñados por empresas dedicadas a este fin, eran demasiados elevados.

### **6.6.2 RESISTENCIA ELÉCTRICA**

En este capítulo nos referimos al objetivo propuesto en nuestro anteproyecto y uno de los items de nuestra tesis: Implementar un sistema de calentamiento en el diseño de la aglutinadora para lograr una mayor eficiencia de trabajo.

El motivo por el cual se implementaría la resistencia eléctrica era porque anteriormente la máquina aglutinadora, en la primera cochada, demoraba un tiempo de 25 a 30 minutos en aglutinar la materia prima, cuando la máquina partía de la temperatura ambiente. Por tal motivo, era necesario disminuir este tiempo, ya que en ese tiempo, se estaba consumiendo energía por el motor.

La meta era llegar a la temperatura de aglutinamiento en un tiempo inferior a 25 minutos. Por tal motivo se implementaría el sistema de calentamiento.

Cuando se hicieron los cambios correspondientes a la máquina, referentes al sistema de cuchillas, la eficiencia de la máquina aumentó de tal manera, que haciendo pruebas y ensayos, a la aglutinadora le tomó dieciséis minutos en llevar a cabo el proceso completo, nueve minutos menos de lo que antes le tomaba. Por tal motivo, basados en las pruebas pertinentes, el sistema adicional de calentamiento de la máquina se hace innecesario, ya que la máquina aglutinadora es capaz de aglutinar en un tiempo inferior a los veinticinco minutos que se demoraba en calentar, quedando así, la implementación de la resistencia como un gasto innecesario.



## **7. MANUAL DE OPERACIONES**

### **7.1 PRINCIPIO**

La máquina aglutinadora funciona semejante a como lo hace un agitador o un ventilador, los cuales parten de un movimiento rotacional que en este caso se manifiesta a través de la impulsión de cuchillas horizontales, que se encuentran acopladas a un eje vertical, y este a su vez unido a un motor por medio de un sistema de poleas.

Cuando las cuchillas de corte entran en movimiento, al entrar en contacto con el material, lo cortan, de igual manera, el constante giro de la cuchilla, el rozamiento que se efectúa entre las cuchillas con la base de la aglutinadora, y de las cuchillas con el mismo material, hace que la temperatura aumente produciéndose el aglutinado de la materia prima. A determinado tiempo, cuando el material se encuentra en un estado pastoso, se le adiciona agua, para que este se solidifique y se obtenga el producto final.

Cuando se aglutina el material lo que se desea es que este sea picado y que la aglutinadora alcance en el interior la temperatura adecuada para facilitar el corte de la cuchilla con respecto a dicho material utilizado como materia prima, de esta manera se obtienen pequeños trozos de polietileno, cortados y chamuscados, que al ser introducidos en la extrusora, forman las películas de plásticos, de donde se sacan las bolsas.

## **7.2 CAPACIDAD**

Con el rediseño de la aglutinadora, lo que se busca es aumentar la capacidad de la máquina, al menor costo posible, para de esta forma aumentar su producción e incrementar su eficiencia.

A continuación mostraremos datos de producción tomados antes de practicarle cambios a la aglutinadora y después del rediseño practicado a la máquina.

Los datos corresponden a los valores en kilos de material producido por hora, y material producido por día. De estos datos, el rendimiento de la máquina se refleja en la producción por horas, ya que la producción por días depende de otros factores.

Cuadro 7. Capacidad de producción de la máquina antes del rediseño.

Cochada	Hora		Tiempo minutos	Kilos producidos	Amperaje
	In	Out			
1	8.28am	8.47am	19	15	45-47
2	8.48am	9.04am	16	12	45-47
3	9.05am	9.21am	16	12	45-47
4	9.22am	9.43am	21	12	45-47

De este cuadro sacamos que la producción o la capacidad que tiene la aglutinadora, es de 45-50 Kg por hora. Durante este tiempo consume un promedio de 45 amperios. La producción total depende del número de horas que se labore, el cual no es constante y de la cantidad de materia prima que se tenga disponible.

Cuando se cuenta con todo lo necesario, se está haciendo una producción diaria de 210 – 240 kilos diarios, pero como hemos afirmado, depende de varios factores como la cantidad de materia prima disponible, y del operario.

Después del rediseño de la máquina aglutinadora tomamos las siguientes muestras de la producción.

Cuadro 8. Capacidad de producción de la máquina después del rediseño

Cochada	Hora		Tiempo minutos	Kilos producidos	Amperaje
	In	Out			
1	9.06am	9.21am	15	16	38 – 40
2	9.22am	9.38am	16	15	38 – 40
3	9.39am	9.54am	15	16	38 – 40
4	9.55am	10.09am	14	14	38 – 40

Tomando como base una hora de funcionamiento de la máquina se registraron los anteriores datos, como se puede apreciar en el cuadro, después de hacer el rediseño de la máquina, la producción por kilos aumentó en un promedio de 2-4

kilos, para el mismo tiempo de duración por cochada, o procesamiento de la materia prima.

Notamos además que el amperaje al cual trabajaba la máquina disminuye, ya que la máquina está trabajando actualmente con un promedio de 38 - 40 amperios, recordando que antes lo hacía en un rango de 45 – 47 amperios. Esto significa un ahorro en los costos por energía de la aglutinadora.

Todos estos resultados se pueden ver económicamente representados en un ahorro de energía de la empresa, menos costos por energía eléctrica, y un aumento de la producción, ya que para el mismo consumo de energía, para una hora de funcionamiento de la máquina, se están obteniendo un promedio de diez kilogramos más de material aglutinado. Aumentando la producción de la máquina, al mismo costo que se tenía anteriormente.

Cuadro 9. Producción por hora de la máquina, después del rediseño

Día	K/H	Producción por día
9 abril	50.84	211
10 abril	50	270
11 abril	60	311

12 abril	56.88	128
----------	-------	-----

Por la tabla podemos apreciar el rendimiento por hora de la máquina, la producción por día, está mas ligada a la cantidad de materia prima que se disponga, pero cuando se dispone de todo lo necesario, materia prima y personal de trabajo, se observa un aumento en la producción como se ve el día 11 de abril, una producción de 311 kilos por días, cuando lo normal era de 220 – 240 kilos por día.

### 7.3 VENTAJAS

Haciendo una comparación entre el desempeño actual de la máquina, y su funcionamiento antes de hacerle los cambios, damos una lista de las ventajas que se obtuvieron con los cambios a la máquina.

- Permite que el material adquiera condiciones óptimas de tamaño, temperatura y consistencia en la mezcla de variados materiales para

posteriormente ser utilizada en la máquina extrusora para la fabricación de la bolsa plástica.

- Le proporciona a las partículas poca humedad y finura.
- Se obtiene mayor cantidad de producto aglutinado, a un menor consumo de energía.
- La máquina trabaja a óptimas condiciones, con un menor esfuerzo y menor desgaste de piezas móviles y fijas.
- Se conserva mejor el calor, disminuyendo cada vez, el tiempo por cochada de material aglutinado.
- Se protege al trabajador contra la alta temperatura en el exterior del contenedor, dañina para la salud.

#### **7.4 INSTRUCCIONES DE LA MÁQUINA**

El manejo de la máquina es bastante fácil. Se comienza oprimiendo un botón rojo, correspondiente al encendido de la máquina, ésta se deja calentar durante 15 min para que adquiera una temperatura de 90°C en el interior, aclaramos en este punto, que antes la máquina se calentaba por un tiempo de 20-25 minutos, tiempo

que disminuyo con los cambios en el diseño de la cuchilla y con la implementación del aislante térmico. Luego se introduce el material, ya sea de alta o baja densidad teniendo en cuenta que la palanca de la compuerta de salida del material aglutinado, se mantenga cerrada para evitar la pérdida del material.

Cuando todo el material a sido introducido se espera a que la máquina aglutine el polietileno, el operario tiene que adicionarle agua, para que de esta manera cuando el material se encuentre en un estado pastoso, este se compacte, formando pequeños pellets finamente picado, aproximadamente durante un tiempo de 13 – 15 minutos, y por último con la palanca para abrir la compuerta se deja salir el material procesado o aglutinado, en cual se recoge en bolsas, listo para ser llevado a la extrusora.

El operario debe estar en todo momento pendiente a e control de amperaje, debido a que cuando se adiciona materia prima, pedazos de plásticos que muchas veces vienen enrollados entre si, se aumenta la potencia necesaria para mantener la velocidad de giro constante, y por tal motivo el amperaje aumenta, con un riesgo de quemarse, si este aumento no se controla.

Por eso es recomendable al operario, introducir la materia prima en pedazos no tan grandes de plásticos, para evitar un posible accidente y daños a la máquina.



**8. MANUAL DE MANTENIMIENTO**

A continuación se presenta un manual de mantenimiento para el debido funcionamiento de la máquina aglutinadora, el cuidado que se debe de tener con cada parte de esta, posibles problemas y la corrección de estos.

## **8.1 MOTOR**

La lubricación es uno de los puntos más importante en el mantenimiento de los motores eléctricos, en la mayoría de las empresas, poseen un ingeniero de lubricación de la planta, New Polymer, como es una pequeña empresa, al no tener personal capacitado en el tema de lubricación, le recomendamos los siguientes pasos para mantener en óptimas condiciones no solo el motor de la aglutinadora, sino también, el de otras máquinas existentes en la empresa, que funcionan con motores eléctricos.

Para todos estos casos, siempre el fabricante de la máquina recomienda el tipo de lubricante que debe ser empleado en su equipo, para obtener lo que él cree serían los mejores resultados, y las instrucciones a seguir.

A continuación mostraremos unos pasos a seguir, para mantener un correcto mantenimiento de los motores.

- La lubricación de chumaceras de casquillos debe efectuarse por lo general mediante aceites o grasas que se aplica a mano, según el tipo de lubricante necesario. La mayoría de las chumaceras de casquillos metálicos para motores eléctricos trabajan por el sistema de anillo lubricante que conduce desde un depósito de reserva hasta la flecha. Revisar estos anillos periódicamente para tener la seguridad de que giran removiendo el aceite del depósito de reserva a la flecha y la chumacera.
- Desconectar el motor cuando no se necesite, ya que de esta manera se ahorra desgaste innecesario en las escobillas, colector, chumaceras, además de economizar lubricante.
- Mantener el motor libre de polvo metálico o partículas cortantes que puedan introducirse eventualmente a las bobinas o entre las piezas polares, ya que la atracción magnética conducirá las partes metálicas hacia adentro del entrehierro ocasionando averías en las bobinas.
- Cuando se desarme y rearme el motor, tener en cuenta de mantener correcta la distancia de los entrehierros, midiendo el diámetro de las caras de los polos antes de proceder al desmantelamiento. Al rearmar, tener

precaución de colocar las piezas polares y láminas exactamente en el mismo sitio donde se encontraban.

- Tomar notas de las partes desgastables y de aquellas que se tiene que reemplazar con frecuencia, para planear con anticipación las reparaciones.
- Revisar que las bobinas del devanado se encuentren limpias de polvo, para evitar el recalentamiento del motor.
- Revisar periódicamente el motor, para evitar la soltura mecánica.
- Revisar y mantener cerrados los tapones de los rebosaderos para evitar las fugas de aceite, si es necesario, reemplazar el tapón.

## **8.2 EJE PRINCIPAL**

Los ejes son un factor importante en la transmisión de potencia mecánica. Todos los métodos emplean ejes, por tanto el éxito o la falla de la instalación depende principalmente de la selección apropiada del tamaño de eje y del grado de acero empleado.

El eje de la aglutinadora, actúa como un eje distribuidor de la potencia a las cuchillas, usa como soportes cojinetes , los cuales deben estar debidamente lubricados.

### 8.3 POLEAS Y CORREAS

Las transmisiones por correas trapezoidales se caracterizan por su bajo mantenimiento. Por lo general es necesario retensar ocasionalmente. A continuación se dan unas pautas para un mantenimiento periódico de las correas trapezoidales.

- La tensión total requerida por una transmisión por correas trapezoidales es independiente de la marca, tipo o número de correas. La mejor tensión para una transmisión por correas trapezoidal, es la tensión mínima a la cual no se deslizarán las correas, para la carga más alta
- Comprobar la tensión de una nueva transmisión frecuentemente durante el primer día de funcionamiento.
- Demasiada tensión puede acortar la vida de la correas y los cojinetes.
- Mantener las poleas y correas libre de materias extrañas que puedan ocasionar deslizamiento.
- Correcto alineamiento de las correas llevan a una vida mas larga de estas.

- Reemplazar una correa trapezoidal cuando comience a mostrar signos de desgastes como cubiertas rasgadas o correas rasgadas.
- Cuando se coloque un nuevo juego de correas, asegurarse de que las poleas se encuentren en buenas condiciones. Si éstas se encuentran gastadas en 1/13 plg (0.39mm) o más a lo largo de un lado de una ranura, le quitará duración a la correa.

#### **8.4 CONTENEDOR**

El mantenimiento del contenedor se hace fácil, solo debe limpiar este de partículas de material aglutinado temporalmente, y tener cuidado de no dañar el aislante cuando se efectúe el desmontaje de la máquina.

Evitar golpear el contenedor con objetos cuando se labore a los alrededores de la máquina, mantener libre de humedad para evitar la corrosión del hierro.

## **9. EVALUACIÓN DE LA MÁQUINA**

El buen desempeño de la máquina se evaluó, y en el se tuvieron en cuenta el rendimiento de esta, la calidad del producto final, el tiempo de operación, etc.

Una forma de ver el rendimiento de la máquina aglutinadora, y mostrarle al gerente los beneficios obtenidos por el rediseño, es mostrando las ganancias que se generaron al implementar este, comparándola contra los costos para llevar a cabo la producción de material aglutinado, antes del rediseño y después del cambio.

### **9.1 COSTOS Y GANANCIAS DE PRODUCCIÓN.**

A continuación se muestra un cuadro con la producción de la máquina antes de efectuarse el rediseño de esta, dichos valores fueron tomados de el libro de control de producción que la empresa lleva de sus máquinas. Mostraremos el tiempo de trabajo, la cantidad de kilogramos por hora, y los kilogramos totales producidos, tomando como muestra una semana de trabajo de la máquina correspondiente al mes de marzo. Véase cuadro 10.

Cuadro 12. Producción mes de marzo

Control de la máquina aglutinadora			
fecha	Tiempo trabajado	Promedio por hora	Total producido
12	3.55	36.05	128
18	9	21.23	192
19	4	36.23	145
21	7	36.57	256
22	7	39.85	279
23	6	39.16	235
26	4	43	172

Con la tabla anterior se ve que el promedio de kilogramos producido por horas de la máquina aglutinadora estaba comprendido entre 36-43 kilogramos de material aglutinado. Dicho material no tiene valor comercial, debido a que la empresa New Polymer no se dedica a la venta de material aglutinado, para saber las ganancias, relacionamos este aglutinado, con la máquina extrusora, ya que dependiendo de la



cantidad de materia prima que transformen en la empresa New Polymer, serán los kilogramos de película de polietileno de bolsas plásticas que se elaboren.

Como la materia prima, después de aglutinada, pasa directamente a la extrusora, y de acuerdo a los kilogramos de material aglutinado, serán los kilogramos de películas de polietileno elaborados y listos para la venta.

se tiene un promedio 36-43 kilogramos de bolsas de polietileno, que en la empresa New Polymer tiene un precio de venta de \$2.000.00.

Después de el rediseño de la máquina, la producción por hora de material aglutinado aumentó, véase cuadro 11.

Cuadro 11. Producción mes de abril

<b>Control de la máquina aglutinadora</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Tiempo trabajado</b>	<b>Promedio por hora</b>	<b>Total producido</b>
<b>9</b>	<b>4.15</b>	<b>50.84</b>	<b>211</b>
<b>11</b>	<b>2.5</b>	<b>56.88</b>	<b>150</b>
<b>12</b>	<b>2.25</b>	<b>60</b>	<b>128</b>
<b>15</b>	<b>2</b>	<b>38</b>	<b>76</b>

<b>17</b>	<b>3</b>	<b>27</b>	<b>81</b>
<b>19</b>	<b>4</b>	<b>40.5</b>	<b>162</b>

Observando los cuadros, 10 y 11, se muestra el aumento en kilogramos hora por producción, entre el mes de marzo cuando no se había cambiado el diseño, y el mes de abril, cuando se efectuaron dichos cambios.

Para realizar una comparación del aumento de la producción se evaluará la producción de la máquina por hora, ya que esto nos dirá las ganancias que se están logrando, para esto y ayudados por las tablas 10 y 11, vemos que el promedio de producción por hora en el mes de marzo, estaba comprendido entre 36-43 Kilogramos, tomando para efectos de prueba una valor de 40 kilogramos por hora, y haciendo el ensayo para 10 horas de producción tenemos:

Promedio kilogramos/hora: 40Kg

Tiempo de trabajo de la máquina: 10 horas

Precio unitario del kilogramo de rollo de polietileno: \$2000

Total ganancias ventas: \$800000

Después de rediseñar, para las mismas 10 horas de producción en que se realiza nuestro análisis, tenemos:

Promedio kilogramos/hora: 55Kg

Tiempo de trabajo de la máquina: 10 horas

Precio unitario del kilogramo de rollo de polietileno: \$2000

Total ganancias ventas: 1100000.

Como podemos observar, se está obteniendo una ganancia de \$300000 por cada diez horas de producción de la máquina.

En este punto aclaramos que el tiempo establecido para la muestra es de 10 horas, en la empresa New Polymer, según las necesidades que se tenga, puede aumentar o disminuir este tiempo, pero al final se obtendrá este mismo resultado cumplido dicho plazo.

Al rediseñar la máquina, no solo se hicieron mejoras respecto al la producción horaria de la máquina, sino también en cuanto al consumo de amperaje que esta tenía.

La aglutinadora de la empresa New Polymer, asumiendo que el motor trabaja a plena carga, tenía un consumo de amperaje de 43-35 A, dicho consumo afecta son costos de la máquina para llevar a cabo la fabricación de bolsas plásticas.

En los motores, la empresa eléctrica factura dos tipos de potencia, una potencia activa que se transmite a la máquina aglutinadora, para que esta cumpla su función, y una potencia reactiva, que es la que necesita el motor para mantener su movimiento. Estas se relacionan a su vez por el factor de potencia. Véase gráfica 6.

La potencia reactiva la facturan las empresas eléctricas cuando excede la mitad de la potencia activa, pero para efectos de calculo y aclarando que la empresa New Polymer posee bancos de condensadores que evitan esta descompensación de energía, se omitirá la potencia reactiva de los cálculos quedando de la siguiente manera:

Energía en Kw consumida:

$$E_{kw} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \quad , \text{ (ecuación 6) , de donde}$$

EKW: Energía en Kilowatts

V=220; Voltaje.

I: 45 A; Corriente.

Factor de potencia:  $\cos \phi = 0.86$ .

Reemplazando en la ecuación 6 tenemos que

$E_{KW} = 14.746 \text{ Kw}$ , el cual tiene un valor de \$177.14 el KWh

Haciendo el análisis para las mismas 10 horas de producción tenemos el costo de la máquina por la producción.

$$\text{Costo} = 14.746 \text{KW} * 177.14 * 10 \text{h}$$

$$\text{Costo} = \$26122$$

Este valor nos daría la cantidad de dinero que se invierte por concepto de energía para transformar el producto. Si tomamos los valores de corriente que se manejan después del rediseño el cual oscila entre 38-40 A, y recurriendo a la ecuación 6, tenemos un costo de operación de:

$V=220$ ; Voltaje.

$I: 40 \text{ A}$ ; Corriente.

Factor de potencia:  $\text{Cos } \phi=0.86$ .

$$E_{KW} = 13.108 \text{ Kw}$$

Haciendo el análisis para las mismas 10 horas de producción tenemos el costo de la máquina por la producción.

$$\text{Costo} = 13.108Kw * 177.14 * 10h$$

$$\text{Costo} = \$23219$$

Haciendo la diferencia entre estos dos valores tenemos que hay un ahorro de \$2903, por cada 10 horas trabajadas, que a largo plazo, es una buena utilidad que está generando ganancia a la empresa, y justifica los gastos por el cambio del diseño de la maquinaria.

Además vemos que la empresa aumentó su producción por kilogramo hora del material, ha disminuido el costo por alcanzar este, dándose como resultado utilidades a la empresa, que era uno de los objetivos que se tenía.

Tabla 9. Comparación de costos y gastos

Resumen costos y ganancias			
	Producción para 10 horas	Costo por energía para 10 horas	Utilidad
Antes del rediseño	\$800000	\$26122	773878
Después del rediseño	\$1100000	\$23219	1076781
Incremento de la utilidad			\$302903

Se hace aclaración que es una cantidad que está sujeta a cambio, ya que los kilogramos por hora , pueden aumentar según el operario. El tiempo usado como prueba son 10 horas de trabajo de la máquina, en el cual se asume trabaja a plena carga.

## 10. CONCLUSIONES

En el futuro, la materia prima para todos los productos, serán materiales reciclables. Dicha materia prima se conseguirá con una mayor facilidad en el mercado, y a mejores precios que utilizando materia prima virgen.

La industria del plástico es una de las industrias que ya está dejando atrás la materia prima virgen y directa de fabrica para elaborar productos prefabricados , y ha empezado a optar por reutilizar plásticos de desechos, dándoles a estos un tratamiento adecuado para obtener productos con una calidad excelente, semejante a los de materia prima virgen.

En el proceso de transformación de dicha materia, intervienen varios procesos que generan costos, los cuales se relacionan con las ganancias obtenidas dándole así la viabilidad a la empresa.

La empresa New Polymer, donde se realiza este proyecto, entra a competir en el mercado abierto, brindándoles a los clientes productos de óptima calidad, que



satisfagan las exigencias pedidas. Para mantener la viabilidad de la empresa, las ganancias obtenidas tienen que ser mayores que los costos para producir estas.

En la empresa New Polymer, hay gastos fijos y gastos variables, que afectan los costos de producción, entre los fijos se encuentra el salario de aquellas personas que trabajan, con un sueldo independiente de la producción, otro ejemplo sería el pago de el alquiler del local, etc.

Un gasto que nos interesa y en el se basa mucho nuestro estudio, es el pago por consumo de energía, ya que cuando las máquinas trabajan, la empresa paga 177.14 Kw/h. Dicho pago se transforma en un gasto para lograr la producción.

Nosotros como ingenieros, buscamos disminuir los gastos por producción, para que la rentabilidad y las ganancias aumenten. Para ello se hizo un estudio del material a aglutinar, y de la máquina aglutinadora en si, buscando mejorar los aspectos correspondientes al diseño, para que de esta manera, el desempeño de la máquina sea mas óptimo y se consiga una mejor rentabilidad,

La aglutinadora trabaja consumiendo una cantidad de Kw/h para su funcionamiento, que es lo penalizado o facturado por las empresas eléctricas. Para aumentar la eficiencia, tenemos que tener en cuenta que esta no depende de la capacidad de producción de la máquina, ya que si aumentamos dicha

producción, de igual forma se aumentaba el tiempo de aglutinado, para la cantidad de material que se procesara.

Viendo esto y como objetivo de aumentar la eficiencia, se hicieron los análisis del diseño de la máquina con el fin de mejorar la cantidad producida de material aglutinado, respecto al tiempo que anteriormente le tomaba a la máquina en cumplir su objetivo.

Haciendo los correspondientes diseños, incrementamos la cantidad de kilos producidos por hora, de tal manera que para el mismo consumo de energía facturado en una hora, se producía una mayor cantidad de material aglutinado.

Ese aumento de los kilogramos de material aglutinado por hora, es lo que representa la ganancia de la máquina por el rediseño, ya que para los mismos gastos por producción, se están obteniendo mas material procesado para la venta, es decir mas ingresos.

Además, con el rediseño de la máquina, el amperaje que esta necesitaba para su funcionamiento disminuyó en una cantidad considerable, ya que el bajo amperaje para el funcionamiento, también se manifiesta en bajos costos por consumo energético.

De esta manera, la máquina aglutinadora queda en óptimas condiciones de trabajo, dando mas beneficio a la empresa, y de esta manera, asegurar la permanencia de la empresa en el mercado de las bolsas plásticas.

## RECOMENDACIONES

Después del estudio hecho a la máquina aglutinadora de la empresa New Polymer, los autores proceden a anotar las siguientes recomendaciones:

- El sobre diseño del motor causa pérdidas innecesarias en la planta, su consumo de energía y los costos por mantenimiento se hacen mayores, se recomienda cambiar el motor al recomendado de 15 hp.
- Cuando se suministre materia prima a la máquina aglutinadora para el procesamiento de esta, hacerlo en el menor tiempo posible, de esta manera se incrementará la cantidad aglutinada.
- Cuando el ángulo de corte de la cuchilla y el filo de esta, se pierda por desgaste, rectificar la cuchilla, para no bajar la producción actual.
- Proteger el aislamiento térmico de daños y golpes para evitar su desgastes y la pérdida de material aislante que lleven al deterioro de este.

- Cuando se desmonte el aislante para efectos de mantenimiento de la aglutinadora, tener cuidado de posibles rupturas por una inadecuada forma de desmontaje.
  
- Mantener siempre la tensión en las correas recomendadas y mantener todos los bordes afilados de las poleas para evitar daños en las correas.
  
- Hacerle mantenimiento a la maquinaria una vez por mes como mínimo.
  
- Establecidos los lapsos de duración del proceso de aglutinado, implementar un controlador de tiempo, que de aviso al operario cuando el material se encuentre listo, pasado el tiempo reglamentario.
  
- Implementar un sensor de temperatura, que de noticia al operario si la máquina está trabajando en los rangos de temperatura adecuados.

## BIBLIOGRAFÍA

- BODINI, Giani y CACCHI PESAN, franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. Tomo 1. 2°. México: Mc Graw Hill, 1993. 854 p.
- CHALITA, Roberto. Química de los polímeros. Barranquilla. Universidad del Atlántico, 1994. 235 p.
- FAIRES MORING, Virgil, Diseño de elementos de máquinas, 4 ed. México: Limusa, 1999. 783 p.
- MARKS, Manual del ingeniero mecánico, 3 ed. México: Mac Graw Gill, 1995, v.1. 9-203 p.
- MARKS, Manual del ingeniero mecánico, 3 ed. México: Mac Graw Gill, 1995, v.2.1.1 9-43 p.
- NORMAS COLOMBIANAS PARA LA PRESENTACIÓN DE TESIS DE GRADO. Este folleto contiene la información sobre la forma y nomenclatura que se deben tener en cuenta para la presentación de un trabajo escrito.
- GATES HEAVY DUTY-V-Belt drive design manual. New York: Mac Graw Gill. 2000. 150 p.
- FIBERGLASS. Fundamento de transferencia de calor en aislamientos de fibra de vidrio. Colombia: El Cid. 2001. 33p

