

Diseño y construcción de una extrusora de plástico para elaborar listones de sección transversal de 5cm * 1cm.

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero mecánico.



Universidad de Pamplona

facultad de ingenierías
y arquitectura.

Ingeniería
Mecánica.



¡Estoy comprometido!

Carlos Andrés Jiménez Geney
COD: 1052.965.097



Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA ELABORAR LISTONES DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE 5cm*1cm

CARLOS ANDRÉS JIMÉNEZ GENEY
COD: 1052'965.097

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
TRABAJO DE GRADO
PAMPLONA N. S.
2017

DGS is member of:



Una universidad *inclusiva* y *comprometida* con el
desarrollo integral



Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA ELABORAR LISTONES DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE 5cm*1cm

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO INGENIERO MECÁNICO

CARLOS ANDRÉS JIMÉNEZ GENEY
COD: 1052'965.097

DIRECTOR
FREDY SANCHEZ
ING. MECANICO

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PROYECTO DE GRADO
PAMPLONA N. S.
2017

Como no comenzar dando gracias a Dios todo poderoso, por darme la oportunidad de aprender y realizar este gran proyecto.

DGS is member of:



Una universidad **inclusiva** y **comprometida** con el desarrollo integral



1. Contenido

- 1.
 - 4.1 EL PLÁSTICO 15
 - 4.2 PROCESO DE EXTRACCION DEL PLASTICO 16
 - 4.3 CARACTERISTICAS DE LOS PLASTICOS 17
 - 4.4 PROPIEDADES MECANICAS DEL PLASTICO 17
 - 4.5 PROPIEDADES TÉRMICAS DEL PLÁSTICO 18
 - 4.6 TIPOS DE PLASTICOS 18
 - 4.7 CARACTERISTICAS Y USO DEL PLASTICO 20
 - 4.8 PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL PLÁSTICO 22
 - 4.8.1 RECOLECCION 22
 - 4.8.2 PROCESO DE CORTE 22
 - 4.8.3 CUCHILLAS 23
 - 4.9 PROCESO EXTRUSIÓN 24
 - 4.9.1 PARTES DE MAQUINA EXTRUSORA..... 24
 - 4.9.2 TORNILLO 25
 - 4.9.3 MOTOR ELECTRICO 26
 - 4.9.4 REDUCTORES 27
 - 4.9.5 RESISTENCIA ELECTRICA 28
 - 4.9.6 VARIADOR DE VELOCIDAD 30
 - MARCO REFERENCIAL..... 31
 - 5.9. ANTECEDENTE 1. 31
 - 5.10. ANTECEDENTE 2..... 32
 - 5.11. ANTECEDENTE 3..... 33
 - 5.12. ANTECEDENTE 4..... 34
 - 5.13. ANTECEDENTE 5..... 35





INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Obtención del plástico. Imagen tomada de sitio web <http://blogjumarsol.es/sabes-como-se-obtienen-los-plasticos/> 15

Tabla 1. Propiedades de los plásticos 15

Tabla 2. Características térmicas, Instituto Politécnico Nacional..... 15

Tabla 3. Plástico y año de descubrimiento..... 16

Tabla 4. Uso y simbología de los plásticos, <http://ecoplas.org.ar/pdf/folletos/CaracteristicasyUso.pdf> 19

Tabla 5. http://www.cga.com.co/images/document/ficha_cuchillas_industriales.pdf..... 21

Tabla 6. Costos de personal a cargo 36

Tabla 7. Costos de elaboración de máquina extrusora..... 37

Tabla 8. Equipos necesarios para la ejecución del proyecto..... 38

Tabla 9. Elección de tipo de cabezal. (Savgrozny, 2000)..... 47

Tabla 10. Análisis del flujo másico con el aumento de las revoluciones..... 50

Tabla 11. Variación del flujo volumétrico 50

Tabla 12. Capacidad máxima del tornillo extrusor a RPM variable 53

Tabla 13. Componentes de la extrusora de plástico..... 80

Ilustración 2. Sitio web <http://www.ibiae.com/sites/default/files/Pl%C3%A1stico%20recuperado.jpg> 16

Ilustración 3. <http://www.monografias.com/trabajos102/trituradora-plastico/trituradora-plastico.shtml> 22

Ilustración 4. http://www.cga.com.co/images/document/ficha_cuchillas_industriales.pdf 23

Ilustración 5. Partes de máquina extrusora, https://www.google.com.co/search?q=EXTRUSION&espv=2&biw=1164&bih=595&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiSuqvAk9TOAhXBmR4KHQmmC88Q_AUIBigB#imgdii=ssKQVR_BcghQXM%3A%3BssKQVR_BcghQXM%3A%3BCRRuDqx_RB-OeM%3A&imgrc=ssKQVR_BcghQXM%3A 24

Ilustración 6. Características del tornillo o husillo https://www.google.com.co/search?q=CARACTERISTICAS+DEL+HUSILLO+PARA+PLASTICOS&espv=2&biw=1164&bih=595&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiobnQINTOAhWF9x4KHxKAmoQ_AUIBigB#imgrc=K6D7ywF-ey2rOM%3A 25

Ilustración 7. <https://www.google.com.co/search?q=H%C3%89LICE+DEL+TORNILLO+SIN+FIN+ANGULO&espv=2&biw=1024&bih=509&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwip3pj6n9XOAhVMJx4KHbPmA48QsAQIJg#imgrc=3ADSxsbVmItRmM%3A> 25



Ilustración 8. Estructura interna del motor eléctrico http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacion-50039910-manual-espanol.pdf	26
Ilustración 9. Estructura interna del reductor, http://www.sumitomodrive.com/uploads/product/files/file-1207.pdf	27
Ilustración 10. Resistencia tipo abrazadera, http://www.mundialderesistencias.com.ec/	28
Ilustración 11. Controladores autonicos, con regulación PID	29
Ilustración 12. Estructura interna de la termocupla	29
Ilustración 13. Variador G120 Siemens, http://sites.amarillasinternet.com/electricosycontroles/electricos1.html	30
Ilustración 14. Parámetros reales del tornillo extrusor, C. Jiménez.	42
Ilustración 15, Características de todo tornillo extrusor, Solid Works. C, Jiménez	43
Ilustración 16. Vista de sección del barril y tornillo extrusor, SolidWorks. C, Jiménez.	45
Ilustración 17. Cilindro o barril extrusor, C. Jiménez	46
Ilustración 18. Tornillo extrusor, Solidworks. C, Jiménez	47
Ilustración 19. Perfil de velocidades debido al flujo de presión.	49
Ilustración 20. Perfil de velocidades debido al flujo de presión.	49
Ilustración 21. Perfil de velocidades del flujo volumétrico total.	50
Ilustración 22. Velocidad de cortadura para los distintos procesos del plástico. (Savgrodney, 2000)	53
Ilustración 23. Geometría de la pieza a extruir, SolidWorks.	56
Ilustración 24. Intervalos de viscosidad efectiva (Savgrodney, 2000).....	60
Ilustración 25. Peso del alma constate del husillo, C. Jiménez.....	61
Ilustración 26	61
Ilustración 27. Dimensión del alma del husillo, SolidWorks. C. Jiménez.	62
Ilustración 28	62
Ilustración 29. Longitud del filete en la zona de alimentación.	63
Ilustración 30. Características del tornillo sin fin utilizado para la extrusora de plástico. C. Jiménez.....	64
Ilustración 31. Longitud del filete en la zona de compresión.	65
Ilustración 32. Longitud del filete en la zona de dosificación.	66
Ilustración 33. Diagrama de fuerzas del husillo extrusor. (Savgrodney, 2000)	69
Ilustración 34. Vista transversal de husillo, Solidworks. C. Jiménez.	74
Ilustración 35. Molde metálico con dimensiones internas de 5cm*1cm en Solidworks, C.	



Jiménez.....	76
Ilustración 36. Filiera o contenedor del dado metálico, mediante programa metálico CAD solidwork, C. Jiménez.	77
Ilustración 37. Vista de sección del plano alzado de la filiera y dado usando SolidWorks. C, Jiménez.....	78
Ilustración 38. Área transversal del dado, mediante uso de SolidWorks. C, Jiménez.	79
Ilustración 39. Fuerza distribuida de la extrusora de plástico. C, Jiménez.	81
Ilustración 40. Carga puntual para determinar la reacción de P. C, Jiménez.	81
Ilustración 41. Extrusora de plástico en programa CAD, C. Jiménez.	83
Ilustración 42. Husillo extrusor en programa Solidworks, C. Jiménez.	84
Ilustración 43. Barril extrusor diseñado en programa Solidworks, C. Jiménez.	85
Ilustración 44. Tolva de almacenamiento diseñada en programa CAD Solidworks, C. Jiménez.....	85
Ilustración 45. Pirámide truncada de la tolva de almacenamiento. C, Jiménez.	86
Ilustración 46. Motor eléctrico diseñado a partir del programa CAD Solidworks, C. Jiménez.	88
Ilustración 47. Reductor MNRV relación I10. C, Jiménez.	89
Ilustración 48. Resistencia eléctrica tipo abrazadera. C, Jiménez.....	90
Ilustración 49. Cabezal diseñado a partir de programa CAD Solidworks, C. Jiménez.	90
Ilustración 50. Cabezal diseñado a partir de programa de diseño CAD Solidworks, C. Jiménez.....	91
Ilustración 51. Filiera a partir del programa CAD Solidworks, C. Jiménez.	91
Ilustración 52. Base o estructura metálica con Perfiles tipo I. C, Jiménez.	92
Ilustración 53. Soporte inicial cerca a la tolva de almacenamiento, C. Jiménez.	93
Ilustración 54. Soporte de la parte final de la extrusora cerca al cabezal. C, Jiménez.	93
Ilustración 55. Extrusora terminada con todos los componentes. C, Jiménez.	94
Ilustración 56. Filiera contenedora del dado o preforma. C, Jiménez.	94
Ilustración 57. Construcción del dado. C, Jiménez.	95
Ilustración 58. Dado con preforma interna. C, Jiménez.	96
Ilustración 59 Tolva de almacenamiento, C. Jiménez.	96
Ilustración 60 Acople tipo araña del muñón del husillo y eje del reductor. C. Jiménez.	97
Ilustración 61. Resistencia tipo abrazadera. C. Jiménez.	97
Ilustración 62. Termocupla tipo J para censar la temperatura de la resistencia eléctrica, C, Jiménez.....	98



INTRODUCCION

Ilustración 63. Acople de cabezal, C. Jiménez.	98
Ilustración 64. Barril o cilindro extrusor. C, Jiménez.	99
Ilustración 65. Husillo simple de acero 4340. C. Jiménez.	99
Ilustración 66. Motor eléctrico Siemens de 10Hp, C. Jiménez.	100
Ilustración 67. Reductor de velocidad de relación I10, C. Jiménez.	100
Ilustración 68. Sistema de nivelación de la maquina extrusora, C. Jiménez.	101
Ilustración 69. Estructura en el proceso de pintura con base anticorrosiva, C. Jiménez.	101
Ilustración 70. Tablero eléctrico para encendido de todas las maquinas.	102
Ilustración 71. Parte frontal del tablero eléctrico.	103

Los plásticos son materiales muy comunes en el entorno, generalmente utilizados para el empaque de diversos productos industriales y alimenticios, por su versatilidad, economía y practicidad, llegando a remplazar metales anteriormente utilizados en el ámbito industrial, comercial y doméstico. El alto consumo del plástico ha llevado consigo un mayor aumento en sus desperdicios y aunque existen diversas campañas para el reciclaje de este material parece ser inacabable y mínimo.

Una de las formas más importantes en las industrias transformadoras de plástico es por medio de una maquina desfibroladora, la cual se encarga de disminuir el tamaño en pequeños gránulos que luego se hacen pasar por una extrusora que aplica calor modificando su estado obteniendo un material maleable, convirtiéndolo en infinidad de diseños por medio de moldes.

Para realizar campañas de reciclaje es importante la búsqueda de nuevos avances industriales, que permitan brindar ideas para contribuir a mejorar el medio ambiente, por esto es de vital importancia disponer de máquinas para manufacturar diferentes productos a partir del plástico (PP y PET) generando a su vez un beneficio económico. La máquina extrusora se compone de:

1. Tolda que utiliza la acción de la gravedad para depositar los gránulos de plásticos ya cortados.
2. Un tornillo sin fin o husillo de metal que permite mezclar y homogenizar el plástico al cambiar el estado al ser inyectado.
3. Resistencia eléctrica que permite el cambio de temperatura de los plásticos, tornándolos maleables que es calentado mediante resistencias para cambiarles el estado a los plásticos y volverlos maleables.





2. JUSTIFICACIÓN

transversal 5cm*1cm por sus características fisicoquímicas, como la resistencia a la corrosión, la humedad y al impacto.

El alto consumo del plástico se debe a su gran economía, practicidad y la fácil asequibilidad para obtenerlo por lo que genera también un alto nivel de desechos, causando deterioro en el estado del planeta, que según en el aporte del Ministerio de Ambiente, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por su sigla en inglés), quien aporta cinco datos sobre los daños que están causando los Residuos plásticos como: 1. La humanidad en promedio gasta, cada tres años, casi 1.000 millones de toneladas de plástico, 2. Al ser un elemento tan ligero, en un 90% de los casos no se recicla, por lo que llega fácilmente a las copas de los árboles, ríos y luego a los océanos, 3. Si las personas no cambian sus hábitos, la conclusión es que para el 2050 el océano contendrá más plástico que peces, 4. El 60% de todas las especies tienen este material en su intestino, 5. Si todo el plástico fabricado en las últimas décadas fuera vinipel transparente, habría suficiente como para producir una capa que recubriera todo el planeta (medioambiente, 2016).

Este proyecto se ha realizado para cubrir principalmente la pérdida de material que surge en la ciudad de Cúcuta-Norte de Santander a partir de los desechos plásticos como (PP) Y (PET) teniendo en cuenta la capacidad del plástico para ser reutilizado como materia prima con fines de mejor provecho y la rentabilidad.

En búsqueda del proceso de contribución y mejoramiento de la ciudad de Cúcuta - Norte de Santander se resaltan dos aspectos importantes de alto beneficio: 1. A nivel ambiental como resultado de la disminución de contaminantes para el planeta por el aprovechamiento del 100% de material reciclado, 2. Económico para la población en general por su bajo costo de producción.

Por lo anterior mencionado se propuso el diseño y montaje de una máquina para la extrusión de material no biodegradable que actualmente es un desperdicio de la ciudad de Cúcuta Norte de Santander, el proyecto será ejecutado dentro de las instalaciones del colegio INEM (institución educativa diversificada José Eusebio Caro).



4. MARCO TEORICO

4.1 EL PLÁSTICO

Diseñar y construir una extrusora de plástico para elaborar listones de sección transversal de 5cm*1cm

.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar una extrusora de plástico que permita obtener listones de PET Y PP reciclado.
- Elaborar un molde metálico con sección transversal de 5cm* 1cm que permita obtener listones de plástico.
- Realizar montaje de la extrusora de plásticos dentro de las instalaciones del colegio INEM.

“Plástico” proviene de PLASTIKOS palabra griega que significa susceptible de ser modelado o moldeado (TECNOLOGIA DEL PLASTICO, 2009).

DGS is member of:



4.2 PROCESO DE EXTRACCION DEL PLASTICO

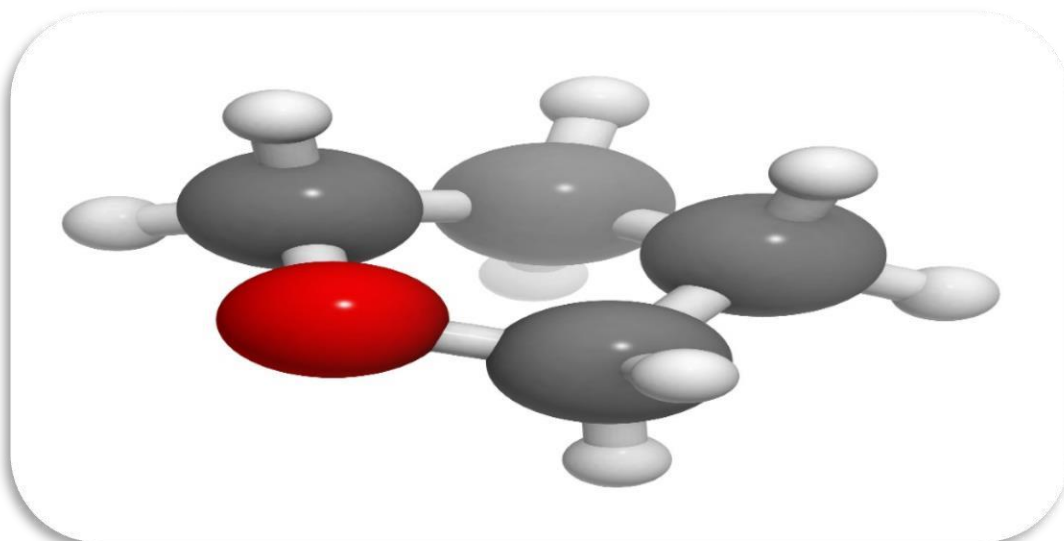


Ilustración 1. Obtención del plástico. Imagen tomada de sitio web <http://blogjumarsol.es/sabes-comose-obtienen-los-plasticos/>

El nacimiento del plástico surge por la necesidad de suplir otras herramientas como las piedras, maderas y metales que carecían de propiedades como flexibilidad, peso, durabilidad y economía (García, 2009). La historia habla sobre como los egipcios utilizaban resinas naturales para embalsamar a sus muertos desde los años 2000 a. C, estos polímeros naturales quedaron atrás en el año 1862 cuando el inventor Alexander Parkes, descubre que modificando las fibras de celulosa con ácido nítrico obtiene lo que hoy se conoce como el primer plástico en el mundo (Maini, 2015).

Un plástico es un material que está formado por moléculas de gran longitud (macromoléculas) que se enredan formando una madeja.

Aunque existen plásticos naturales, como la celulosa y el caucho, la gran mayoría de los plásticos son materiales sintéticos. Se obtienen de materias primas como el petróleo, el carbón o el gas natural. Aunque la inmensa mayoría se obtiene básicamente del petróleo.



Ilustración 2. Sitio web <http://www.ibiae.com/sites/default/files/Pl%C3%A1stico%20recuperado.jpg>

Existen muchos métodos industriales y complicados de fabricación de plástico. El material plástico obtenido puede tener forma de bolitas, gránulos o polvos que se procesan y moldean para convertirlas en láminas, tubos o piezas definitivas de objeto (departamento de tecnología, 2012).

- ✓ **Conductividad térmica nula:** los plásticos conducen mal la electricidad, por eso se emplean como aislantes eléctricos; lo vemos, por ejemplo, en el recubrimiento de cables.
- ✓ **Conductividad térmica baja:** los plásticos suelen transmitir el calor muy lentamente, por eso suelen usarse como aislantes térmicos.
- ✓ **Bajo punto de fusión:** da la facilidad de procesarlos por su inferior temperatura.
- ✓ **Resistencia mecánica:** son altamente resistentes a pesar de ser tan ligeros.
- ✓ **Combustibilidad:** la mayoría de los plásticos arde con facilidad, ya que sus moléculas se componen de carbono e hidrogeno.
- ✓ **Compatibilidad:** son fácilmente compatibles con otros materiales para crear nuevos compuestos con mejores propiedades.

4.4 PROPIEDADES MECANICAS DEL PLASTICO





Son aquellas que se determinan mediante diferentes tipos de ensayos, además, el PET es sometido a fuerzas de distinta naturaleza para conocer el efecto de las mismas sobre el material. Por ejemplo, ensayo de tracción, compresión, impacto, dureza etc. (Quintana & Rodriguez, 2010).

PROPIEDAD	VALOR
Coefficiente de fricción	0,2 – 0,4
Dureza - Rockwell	M94-101
Módulo de tracción (Gpa)	2-4
Relación de poisson	0,37 – 0,44 (orientado)
Resistencia a la tracción (Mpa)	80, para filmes biax. 190-260
Resistencia al impacto Jm^{-1}	13-35

Tabla 1. Propiedades de los plásticos

4.5 PROPIEDADES TÉRMICAS DEL PLÁSTICO

Se sabe que los materiales cambian sus propiedades con la temperatura. En la mayoría de los casos las propiedades mecánicas y físicas dependen de la temperatura a la cual se emplea el material o se somete durante su procesamiento. La siguiente tabla muestra algunas de las propiedades térmicas del PET. Estas propiedades limitan los usos del plástico, pues como puede observarse no deberán exceder estos valores pues, de ocurrir, simplemente no podrán ser empleados

PROPIEDAD	VALOR
Calor Especifico ($JK^{-1} kg^{-1}$)	1200-1350
Coefficiente de Expansión Térmica ($x10^{-6}K^{-1}$)	20-80
Conductividad Térmica a 23°C ($Wm^{-1}K^{-1}$)	0,15-0,4
Temperatura Máxima de Utilización (°C)	115-170
Temperatura Mínima de Utilización	-40 a -60
Temperatura de Deflexión en Caliente -0,45Mpa (°C)	115
Temperatura de Deflexión en Caliente -1,8Mpa (°C)	80

Tabla 2. Características térmicas, Instituto Politécnico Nacional

4.6 TIPOS DE PLASTICOS

Tipos de plásticos y su descubrimiento a través del tiempo.

DQS is member of:





4.7 CARACTERISTICAS Y USO DEL PLASTICO









Otra variación en el producto final se logra polimerizando simultáneamente dos o más tipos de monómeros, regulando sus cantidades relativas y las condiciones de reacción e iniciadores, controlándose las propiedades del polímero final, pudiéndose obtener tres tipos de polímeros:

Copolímero al azar $M_1M_2M_2M_1M_1M_1M_2$

Copolímero alternante $M_1M_2M_1M_1M_2M_1M_2$

Copolímero en bloque $M_1M_1M_1M_1M_2M_2M_2M_2$

PLASTICOS	SIMBOLO	CARACTERISTICAS	USO/APLICACIONES
		Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por policondensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.	Envases para gaseosas - Aceites - Agua mineral - Cosmética - Frascos varios (mayonesa, salsas, etc.) - Películas transparentes - Fibras textiles - Laminados de barrera (productos alimenticios) - Envases al vacío - Bolsas para horno - Bandejas para microondas - Cintas de video y audio - Geotextiles (pavimentación / caminos) - Películas radiográficas.
POLIETILENO TEREFTALATO	SIMBOLO	CARACTERISTICAS	USO/APLICACIONES

		<p>El Polietileno de Alta Densidad es un termoplástico fabricado a partir del Etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inyección • Soplado • Extrusión • Rotomoldeo 	<p>Envases para: detergentes, lavandina, aceites automotor, shampoo, lácteos - Bolsas para supermercados - Bazar y menaje - Cajones para pescados, gaseosas, cervezas - Baldes para pintura, helados, aceites, - Tambores - Caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario - Macetas - Bolsas tejidas</p>
<p>POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD</p>	<p>SIMBOLO</p>	<p>CARACTERISTICAS</p>	<p>USO/APLICACIONES</p>
		<p>Se produce a partir de dos materias primas naturales: gas 43 % y sal común 57 %. Para su procesamiento es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos a totalmente flexibles: • Inyección • Extrusión • Soplado</p>	<p>Envases para: Agua mineral, aceites, jugos, mayonesa - Perfiles para marcos de ventanas, puertas, caños para desagües domiciliarios y de redes - Mangueras - Blisters para medicamentos, pilas, juguetes - Envolturas para golosinas - Películas flexibles para envasado (carnes, fiambres, verduras) - Film cobertura - Cables - Juguetes - Cuerina - Papel vinílico (decoración) - Catéteres - Bolsas para sangre.</p>
<p>POLICLORURO DE VINILO</p>	<p>SIMBOLO</p>	<p>CARACTERISTICAS</p>	<p>USO/APLICACIONES</p>
		<p>Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD, es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: • Inyección • Extrusión • Soplado • Rotomoldeo. Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones.</p>	<p>Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc. - Películas para: Agro - Recubrimiento de acequias - Embasamiento automático de alimentos y productos industriales (leche, agua, plásticos, etc.), stretch film, base para pañales descartables - Bolsas para suero - Contenedores herméticos domésticos - Bazar - Tubos y Pomos (cosméticos, medicamentos y alimentos) - Tuberías para riego.</p>
<p>POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD</p>	<p>SIMBOLO</p>	<p>CARACTERISTICAS</p>	<p>USO/APLICACIONES</p>
		<p>El PP es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando Etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido, de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y el de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado</p>	<p>Película / Film (para alimentos, snacks, cigarrillos, chicles, golosinas, indumentaria) - Bolsas tejidas (para papas, cereales) - Envases industriales (Big Bag) - Hilos, cabos, cordelería - Caños para agua caliente - Jeringas descartables - Tapas en general, envases - Bazar y menaje - Cajones para bebidas - Baldes para pintura, helados - Potes para margarina - Fibras para tapicería, cubrecamas, etc. - Telas no tejidas (pañales descartables) - Alfombras - Cajas de baterías paragolpes y autopartes.</p>

POLIPROPILENO	SIMBOLO	CARACTERISTICAS	USO/APLICACIONES
		PS Cristal: Es un polímero de estireno monómero derivado del petróleo, cristalino y de alto brillo. PS Alto Impacto: Es un polímero de estireno monómero con occlusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto. Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de: • Inyección • Extrusión y Termoformado • Soplado	Potes para lácteos (yoghourt, postres, etc.), helados, dulces, etc. - Envases varios, vasos, bandejas de supermercado y rotisería - Heladeras: contraportas y anaqueles - Cosmética: envases, máquinas de afeitar descartables - Bazar: platos, cubiertos, bandejas, etc. - Juguetes, cassetes, blisters, etc. - Aislantes: planchas de PS espumado.
POLIESTIRENO	SIMBOLO	CARACTERISTICAS	USO/APLICACIONES
		Otros Plásticos: En este rubro se incluyen una enorme variedad de plásticos tales como: Policarbonato (PC); Poliamida (PA); ABS; SAN; EVA; Poliuretano (PU); Acrílico (PMMA), etc. Se puede desarrollar un tipo de plástico para cada aplicación específica	Autopartes - Chips - Carcasas de computación - Teléfonos, celulares y electrodomésticos en general - Compact discs - Accesorios náuticos y deportivos - Piezas para la ingeniería aeroespacial - Artículos para medicina, farmacología y cosmetología; botellones de agua - Indumentaria - Muebles; y un sinnúmero de aplicaciones más.

Tabla 4. Uso y simbología de los plásticos, <http://ecoplas.org.ar/pdf/folleto/CaracteristicasYUso.pdf>

Para la recolección de los plásticos se debe tener en consideración la **TABLA 2**, el PET y el POLIPROPILENO son los dos tipos de material a utilizar en el proyecto planteado considerando que las botellas y tapas están hechas de este material actualmente desperdiciado.

4.8.2 PROCESO DE CORTE

4.8 PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL PLÁSTICO

4.8.1 RECOLECCION

Este proceso se realiza mediante la utilización de una máquina de corte, compuesta por cuchillas, dichas cuchillas están sujetas a unas porta cuchillas o discos y estos porta cuchillas a su vez están sujetos a un eje y en uno de sus extremos el eje realiza un movimiento giratorio gracias a la acción de un motor, haciendo cortes en el plástico hasta determinados gránulos. El plástico cae por acción de la gravedad en depósitos de recolección para posteriormente ser lavados y secado quedando listo para el siguiente proceso.

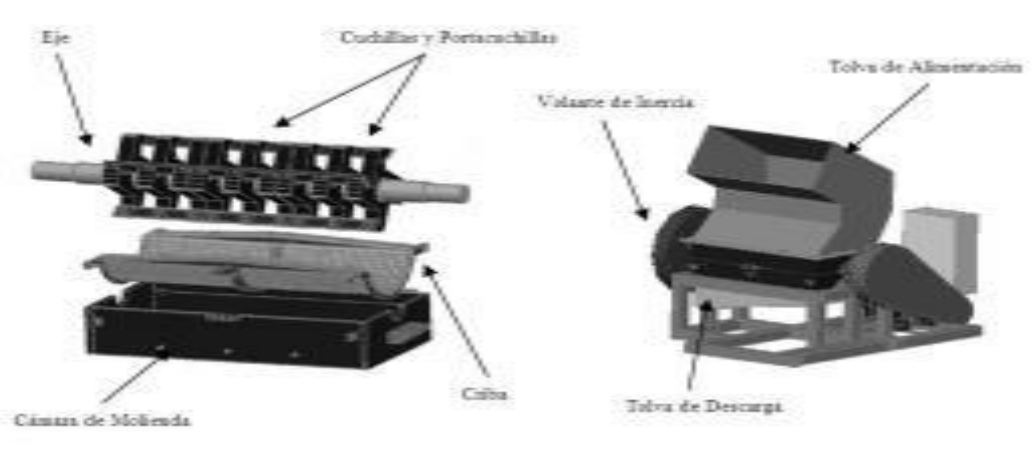


Ilustración 3. <http://www.monografias.com/trabajos102/trituradora-plastico/trituradora-plastico.shtml>

Para la elección del tipo de metal para las cuchillas se tiene en cuenta la resistencia y dureza del plástico para triturarlo, así como el ángulo de inclinación de las cuchillas es fundamental en éxito del corte.

4.8.3 CUCHILLAS

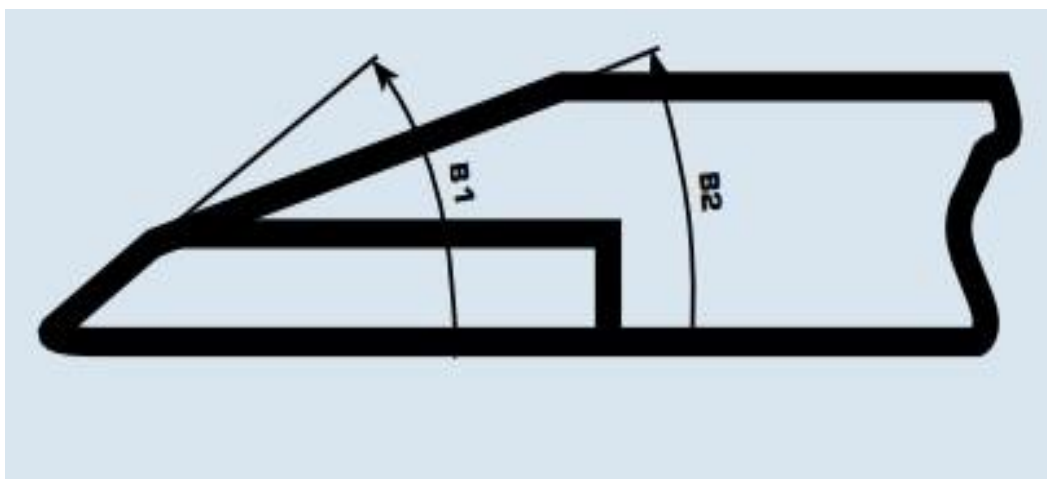


Ilustración 4. http://www.cga.com.co/images/document/ficha_cuchillas_industriales.pdf

Mientras más dura sea la escala Rockwell, para una cuchilla su vida útil incrementará o mayor resistencia al desgaste tendrá.

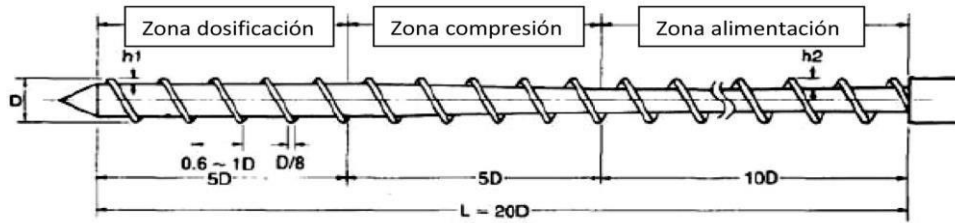
Tipos de metales más utilizados para las cuchillas de corte de plástico son referenciados en la tabla siguiente:

MATERIAL	DUREZA ROCKWELL C
1-2363	58-60
1-2379	58-62
FOR 821	60-64
1-3343/TSP-4	58-64

Tabla 5. http://www.cga.com.co/images/document/ficha_cuchillas_industriales.pdf

El proceso de extrusión del plástico comienza por la acción de forzar del plástico a través de un dado o boquilla. Una máquina extrusora está constituida principalmente por un tornillo de Arquímedes que se ajusta con precisión dentro de la camisa cilíndrica, apenas con el espacio suficiente para realizar el movimiento de rotación (GOMEZ & BEDOYA, 2007). El polímero sólido se alimenta en un extremo por una tolva mediante la acción de la gravedad cae dentro del tornillo sin fin calentándolo hasta fundirlo y homogenizarlo para darle la forma necesaria.

4.9.3 MOTOR ELECTRICO



D= diámetro del husillo

L= Longitud efectiva del husillo ... Compresión ratio $h2/h1$

Ilustración 6. Características del tornillo o husillo
https://www.google.com.co/search?q=CARACTERISTICAS+DEL+HUSILLO+PARA+PLASTICOS&espv=2&biw=1164&bih=595&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewiuobnQINTOAhWF9x4KHxKAmoQ_AUIBigB#imgrc=K6D7vwF-ey2rOM%3A

Características necesarias para el diseño del tornillo sin fin, a tener en cuenta.

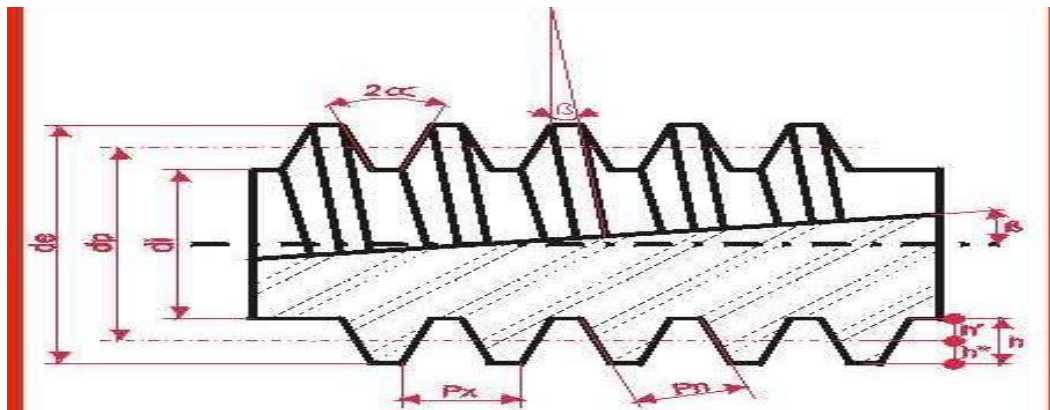


Ilustración 7.
<https://www.google.com.co/search?q=H%C3%89LICE+DEL+TORNILLO+SIN+FIN+ANGULO&espv=2&biw=1024&bih=509&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKewip3pj6n9XOAhVMJx4KHbPmA48QsAQIjg#imgrc=3ADSxsbVmItRmM%3A>

El motor eléctrico es la máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica. El motor de inducción es el más usado de todos los tipos de motores, ya que combina las

ventajas de la utilización de energía eléctrica - bajo costo, facilidad de transporte, limpieza, simplicidad de comando - con su construcción simple y su gran versatilidad de adaptación a las cargas de los más diversos tipos y mejores rendimientos (WWW.WEG.NET, 2010). Los tipos más comunes de motores eléctricos son:



Ilustración 8. Estructura interna del motor eléctrico <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-deespecificacion-50039910-manual-espanol.pdf>

a) **Motores de corriente continua** Son motores de costo más elevado y, además de eso, precisan una fuente de corriente continua, o un dispositivo que convierta la corriente alterna común en continua. Pueden funcionar con velocidad ajustable, entre amplios límites y se prestan a controles de gran flexibilidad y precisión. Por eso, su uso es restricto a casos especiales en que estas exigencias compensan el costo mucho más alto de la instalación y del mantenimiento.

b) **Motores de corriente alterna** Son los más utilizados, porque la distribución de energía eléctrica es hecha normalmente en corriente alterna. Los principales tipos son:

Motor de inducción: Funciona normalmente con una velocidad constante, que varía ligeramente con la carga mecánica aplicada al eje. Debido a su gran simplicidad, robustez y bajo costo, es el motor más utilizado de todos, siendo adecuado para casi todos los tipos de máquinas accionadas, encontradas en la práctica. Actualmente es posible el control de la velocidad de los motores de inducción con el auxilio de convertidores de frecuencia.

DGS is member of:



Una universidad *inclusiva* y *comprometida* con el desarrollo integral

Al emplear REDUCTORES O MOTORREDUCTORES se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

4.9.5 RESISTENCIA ELECTRICA

Las resistencias abrazaderas son muy utilizadas en la industria del plástico, concretamente se utiliza para el calentamiento de los usillos de la maquinaria de inyección. Para que la disipación del calor sea lo más precisa posible, las resistencias de abrazadera han de estar completamente apretadas al usillo (Trullás Resistencias Eléctricas, 2016).



Ilustración 10. Resistencia tipo abrazadera, <http://www.mundialderesistencias.com.ec/>

Ilustración 11. Controladores autotermicos, con regulación PID

Los controladores de temperatura ofrecen un rápido ajuste y proporcionan una gestión de temperatura precisa y así también el control para una variedad de aplicaciones al ofrecer el mejor precio, diseño y fácil funcionamiento.

4.9.5.2. TERMOCUPLAS TIPO J

4.9.5.1. CONTROLADORES DE TEMPERATURA



Las termocuplas són el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente. Una termocupla se hace con dós alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura. Por ejemplo, una termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y nickel) Al colocar la unión de estos metales a 750 °C, debe aparecer en los extremos 42.2 milivolts. (Arian, 2015)

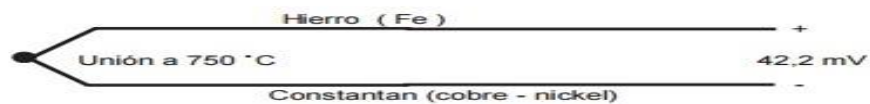


Ilustración 12. Estructura interna de la termocupla

Los variadores de frecuencia son sistema utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna. Un variador de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual se suministra por un motor.

Otra forma en que son conocidos los variadores de frecuencia son como Drivers ya sea de frecuencia ajustable (ADF) o de CA, VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia), micro drivers o inversores; esto depende en gran parte del voltaje que se maneje.

4.9.6 VARIADOR DE VELOCIDAD



Ilustración 13. Variador G120 Siemens,
<http://sites.amarillasinternet.com/electricosycontroles/electricos1.html>

en molinda y extrusión de polímeros.

5.9. ANTECEDENTE 1.

TITULO: “DISEÑO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA PARA LA EMPRESA PLASTIK DE OCCIDENTE”

Autor: ROOSEVELTH CIFUENTES C, FRED ALBAN ACHINTE



5.10. ANTECEDENTE 2

TITULO: “DISEÑO DE UNA EXTRUSORA PARA PLASTICO”

Autor: JIMMY JOANE GÓMEZ GÓMEZ, JORGE EDWIN GUTÉRREZ BEDOYA

Resumen: En el presente documento se especifica el diseño de una maquina extrusora orientada a la producción de insumos plásticos, para la empresa PLASTIK de OCCIDENTE, quien a través de su gerente el señor Reynaldo Amaya, financio y facilito todos los recursos posibles para que se culminara el proyecto y se construyera una maquina versátil que permita ser utilizada para la producción de diferentes productos en polipropileno.

El proyecto se inicia con la solicitud de la empresa, para realizar un diseño que cumpla con las necesidades en cuanto a los productos que desean producir y comercializar a nivel nacional, para el caso el palito plástico para el bon bon bum, y en un futuro la malla para las flores, así mismo una máquina de fácil manejo, con un diseño simple y eficiente, económica, que permita la fabricación de variados productos.

Partiendo de lo anterior, se hará una búsqueda de información técnica referente al diseño y construcción de una maquina extrusora, para continuar con el diseño teórico de la máquina, generación de planos y la posterior fabricación con ayuda de la empresa.

El proyecto tiene como finalidad poner a disposición de la empresa un proyecto de diseño simple y eficiente de una maquina extrusora, que permita la extrusión de termoplásticos, para este caso en particular el polipropileno, polietileno y PVC, El trabajo por tanto debe concluir cuando se tenga la información teórica, los planos tecnológicos y la lista de elementos para la construcción de la máquina (ACHINTE, 2011).

Resumen: Dada la importancia del tema de la extrusión y la poca atención que se le ha prestado a este tipo de proceso en nuestra región, quizás por desconocimiento o desinterés de académicos y empresarios, se ha querido emprender una campaña de información, inicialmente entre estudiantes interesados en el tema y posteriormente se hará extensiva a los empresarios. Este trabajo servirá como apoyo de tal campaña, en el hecho que se pretende, además de instruir en el tema de la extrusión brindar la posibilidad de realizar trabajos prácticos a través de ensayos de laboratorio y en la misma vía, fortalecer los procesos de academia, Extensión e investigación promulgados en el plan de desarrollo de la universidad tecnológica de Pereira.

Este trabajo se encargara de estudiar en forma teórica los conceptos relacionados con la extrusión y diseñar una máquina que nos permita la extrusión de termoplásticos, en nuestro caso el polipropileno (PP). El trabajo por tanto debe concluir cuando se tenga la información teórica, los planos tecnológicos y la lista de elementos para la construcción de la máquina.

DGS is member of:





5.13. ANTECEDENTE 5

cuello o boca que no pueden ser procesadas en otro tipo de equipos como lo son el moldeo, por inyección, por compresión, etcétera (villegas, 2007).

Resumen: En el proceso de formación de un Ingeniero Industrial, es muy importante el conocimiento de la Ciencia de los Materiales, ya que esta proporciona las herramientas necesarias para comprender el comportamiento general de cualquier material, lo cual es necesario a la hora de desarrollar adecuadamente diseños de componentes, sistemas y procesos que sean confiables y económicos.

Las ventajas de los plásticos son bien conocidas: son seguros, lo que los convierte en materiales adecuados para envases y embalajes de todo tipo; son ligeros, lo que permite ahorros sustanciales de energía en su producción y en el transporte de mercancías envasadas; son versátiles, es decir, hay un plástico para cada aplicación, desde la técnica aeroespacial más sofisticada, pasando por aplicaciones en automoción, industria eléctrica, electrónica, construcción y agricultura, hasta la medicina, el envasado y la industria del ocio.

Son resistentes y duraderos, lo que, lejos de ser un inconveniente, es una gran ventaja para perfiles, tuberías, parachoques o contenedores; finalmente, los plásticos son reciclables y pueden ser utilizados de nuevo mediante gran variedad de métodos (reciclado mecánico, químico o recuperación energética, entre otros).

En el presente protocolo se mostrarán la historia y características más relevantes de los polímeros; los procesos más usados para la manipulación de plásticos así como la importancia del reciclado, y algunas formas más usuales de hacerlo (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, 2007).

TITULO: “DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA DESFIBRADORA DE HOJAS Y PSEUDOTALLOS PARA OBTENER MATERIAL LIGNOCELULÓSICO A UTILIZAR COMO ESFUERZOS DE POLIMEROS”

Autor: Leonardo David Espín Cárdenas; Víctor Manuel Cárdenas Cárdenas.

Resumen: El Ecuador posee una gran riqueza biogenética por lo que la extracción de fibras naturales y el estudio de sus diversas aplicaciones industriales representa un amplio campo de desarrollo en el país. El diseño y desarrollo de equipos desfibradores de uso múltiple no ha tenido un estudio detallado debido al insuficiente incentivo para la utilización de las fibras



6. ALCANCE

✓ Elaboración de una extrusora de plásticos a partir de material no biodegradable en la naturales es la fabricación de materiales compuestos de matriz polimérica. Por esto, el presente proyecto nace con la necesidad de implementar un equipo desfibrador tanto de hojas como pseudotallos en el laboratorio de nuevos materiales de la escuela politécnica Nacional. Para esto, se estudian los equipos desfibradores disponibles en el mercado y se determinan las necesidades, características y especificaciones del equipo a construir. Una vez definida la necesidad se realiza un análisis funcional en donde se divide al equipo en módulos de acuerdo a la funcionalidad y constitución de la máquina. Se plantea diferentes alternativas para cada módulo y se las evalúa utilizando el método de criterios ponderados, considerando entre ellos los principales el costo y la facilidad constructiva. De este análisis se determina para la construcción un equipo desfibrador de tipo descortezadora con mecanismo auxiliar de cuchillas adaptado para el desfibrado de pseudotallos. La fase de diseño se orienta de acuerdo a las especies de hojas y pseudotallos más comunes, que son la cabuya y el abacá. De acuerdo con esto se diseñan componentes y se seleccionan elementos de catálogo para el equipo. La máquina construida posee un sistema descortezador impulsado mediante un motor de 10hp y 1760 rpm y un sistema de transmisión por 3 bandas en V, obteniéndose un torque de 23,5Nm en el rotor a 1358 rpm. Además se cuenta con un mecanismo de cuchillas con una apertura de 6° y ajuste mediante resorte de compresión. La capacidad de desfibrado mediante la descortezadora de aproximadamente 360 hojas o chantas/hora mientras que con el mecanismo de cuchillas se llega hasta 45 chantas/hora. En los casos se obtiene fibra limpia, de acuerdo a las pruebas realizadas con cabuya y abacá. El equipo puede usarse a escala de laboratorio y cumple con las garantías de seguridad requeridas y está en capacidad de desfibrar todo tipo de hojas y pseudotallos (CARDENAS & CARDENAS, 2015).

ciudad de Cúcuta – Norte de Santander.

7. LIMITANTES

✓ El tiempo de duración es la principal restrictiva que tiene el proyecto.

DGS is member of:





8. METODOLOGIA

Para la ejecución a cabalidad del proyecto planteado en el INEM (la institución educativa diversificada José Eusebio Caro) se demarcaron 3 objetivos específicos importantes con las actividades a continuación descritas:

8.9. EJECUCIÓN DEL OBJETIVO N° 1

- Diseñar extrusora que permita obtener listones de PET Y PP reciclado, manteniendo las propiedades plásticas y no vítreas

8.9.5. ACTIVIDADES

- ✓ Calcular el tornillo sin fin.
- ✓ Calcular diámetro del cilindro fijo.
- ✓ Determinar mediante cálculos matemáticos flujo volumétrico del tornillo sin fin.
- ✓ Determinar relación de longitud del tornillo sin fin.
- ✓ Determinar el número de filetes y ángulo del tornillo sin fin.
- ✓ Calcular revoluciones del tornillo sin fin.
- ✓ Calcular la potencia requerida para la elección del motor eléctrico.
- ✓ Determinar el cálculo de potencia consumida por el motor para establecer costos de producción.
- ✓ Calcular la potencia requerida para la elección de la resistencia eléctrica.
- ✓ Calcular transferencia de calor máquina extrusora para cada tipo de plástico.
- ✓ Calculo de presiones de la máquina extrusora
- ✓ Determinar el volumen másico de plástico necesario para la máquina extrusora.

8.10. EJECUCIÓN DEL OBJETIVO N°2

- Elaborar un molde metálico con sección transversal de 5cm* 1cm que permita obtener listones de plástico.

8.10.5. ACTIVIDADES

- ✓ Diseño de un molde metálico que permita realizar listones con sección transversal 5cm*1cm.
- ✓ Calcular la cantidad de masa requerida de plástico para elaborar listones con sección transversal 5cm*1cm por unidad de longitud.
- ✓ Calcular la transferencia de calor necesaria para enfriar el plástico.



8.11. EJECUCIÓN DEL OBJETIVO N°3

- Realizar montaje de la extrusora de plásticos dentro de las instalaciones del colegio INEM.

8.11.5. ACTIVIDADES

- ✓ Diseñar mediante la utilización de programas de diseño mecánico CAD partes de la extrusora de plástico.
 - Tolva
 - Husillo
 - Cilindro o barril
 - Cabezal
 - Acople
 - Soporte de cilindro
 - Estructura metálica
 - Dado
 - Filiera
 - Resistencia eléctrica
 - Motor eléctrico
 - Reductor

- ✓ Construcción de piezas que complementan la extrusora de plástico:
 - Tolva
 - Husillo
 - Cilindro o barril
 - Cabezal
 - Acople
 - Soporte de cilindro
 - Estructura metálica
 - Dado
 - Filiera

- ✓ Construcción de tablero eléctrico para arranque y paro del motor eléctrico mediante un variador de velocidad.

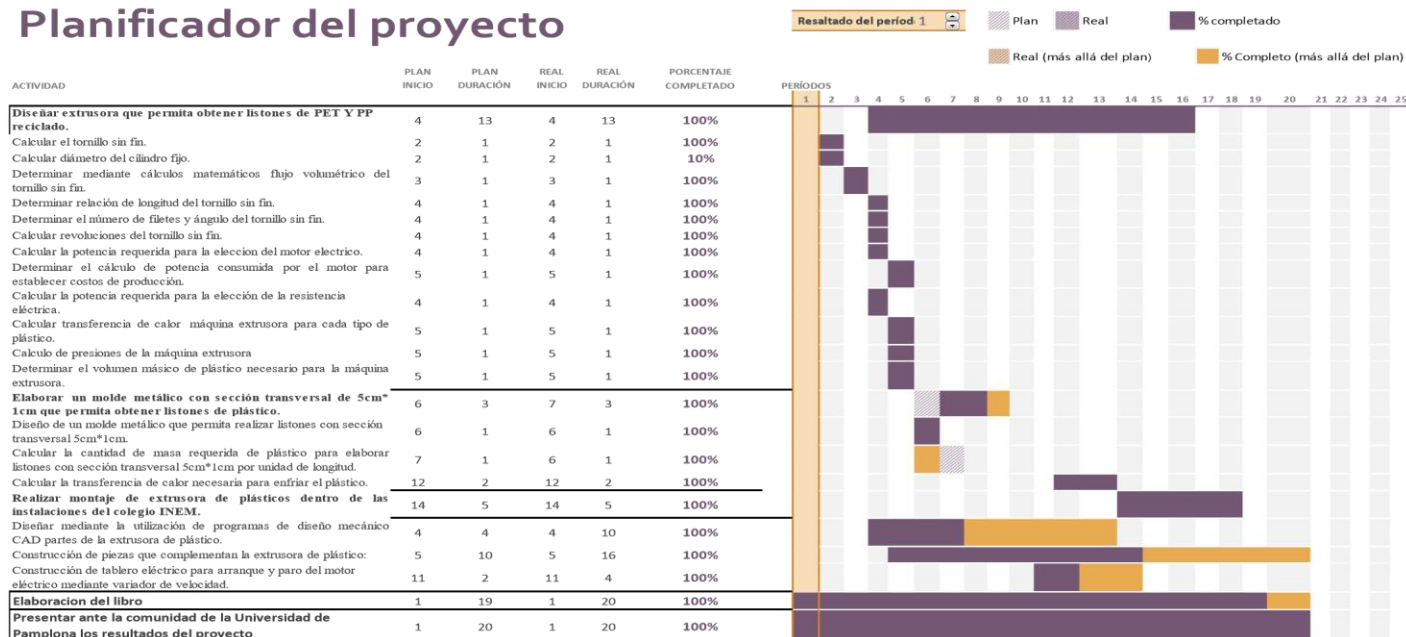


¡Estoy comprometido!

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

La lista de actividades para la solución del proyecto planteado se evidencia a continuación en la página siguiente con una disposición de 19 semanas trabajando de lunes a viernes de 6:00pm a 10:00pm, los sábados 2:00pm a 6:00pm y los domingos y festivos de 8:00am a 12:00m si el proyecto lo requiere.

Planificador del proyecto



10.10.6. RECURSO ECONOMICO MATERIALES

20cmx20cm	Lamina de acero inoxidable	4	60.000
2m	Tornillo sin fin acero inoxidable Ø 35mm	1	2'200.000
2m	Tubo inoxidable hueco Øi 35mm	1	400.000
5cmx5cm	Tubo cuadrado 1m	12	144.000
6cm	Tornillo hexagonal Ø 10mm	50	5.000
N/A	Arandela Ø 10mm	50	5.000
N/A	Tuerca Ø 10mm	100	5.000
N/A	Chumacera SY 30	2	50.000
N/A	Motor reductor 3Hp + reductor I15 1700rpm	1	1'200.000
N/A	Variador de frecuencia 3Hp	1	1'200.000
N/A	Contactador eléctrico	1	120.000
N/A	Guarda motor	1	210.000
N/A	Coraza plástica de clave (m)	12	15.000
N/A	Resistencia Eléctrica Tipo abrazadera	3	150.000
N/A	Cabezal		
Total materiales			5'764.000

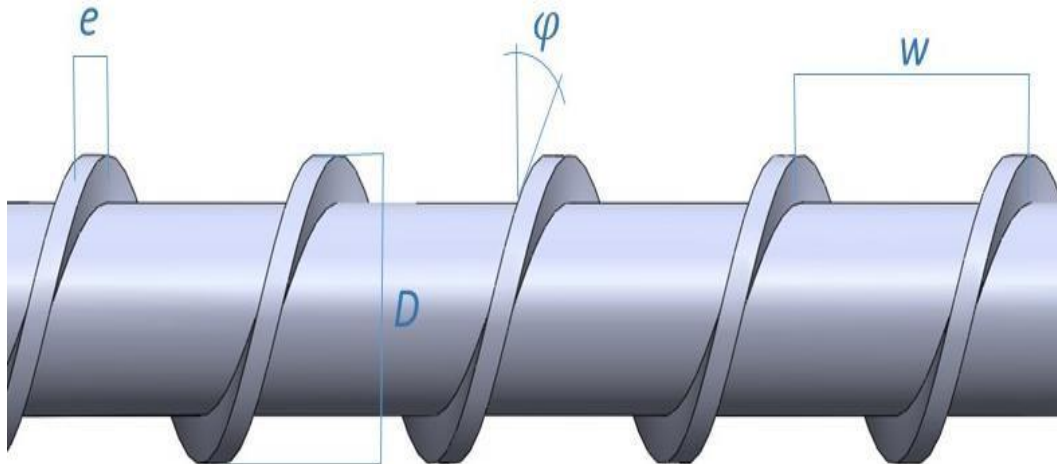
Tabla 7. Costos de elaboración de máquina extrusora.

10.10.7. RECURSO ECONÓMICO DE EQUIPOS

Los siguientes equipos a mencionar la institución educativa INEM cuentan con ellas y se hará uso de las mismas.

Equipo	CANTIDAD
Torno	1
Fresadora	1
Pulidora	1
Dobladora de laminas	1
Dobladora de tubo	1
Juego de llave española	1
Juego de llaves Bristol	1
Máquina para soldar	1
Medidor de nivel de burbuja	1
Cautín	1
Estaño y crema	1

□ ANGULO DEL FILETE



El cálculo del ángulo del filete o hélice del tornillo extrusor va ser constante y se determina mediante la utilización de la siguiente ecuación matemática.

$$\tan\varphi = \frac{w}{\pi * D}$$

Ecuación 1

w = paso de filete φ
 = Angulo del filete

Entonces, si $w=D$

Obtenemos lo siguiente:

$$\tan\varphi = \frac{w}{\pi * D} = \frac{1}{\pi}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\pi} \right)$$



Zona de dosificación: Inicia cuando finaliza la fusión, es decir cuando todas las partículas del polímero se han fundido. Esta zona actúa como una bomba en la que el movimiento del material fundido es debido a la forma helicoidal del filete y al movimiento del tornillo. La zona de dosificación cuenta con un mezclador para garantizar la homogenización del material, antes de introducirlo a la boquilla.

De esta manera se desarrolla una presión que empuja a la capa sólida y la sitúa en la parte anterior del canal. Forzando a la capa fundida a pasar por la holgura que existe entre el barril y el filete.

$$\text{Longitud de la zona de compresión} = 0,25 * L$$

Ecuación 7

$$\text{Longitud de la zona de compresión} = 0,25 * 1320\text{mm}$$

$$\text{Longitud de la zona de compresión} = 330\text{mm}$$

$$\text{Longitud de la zona de dosificación} = 0,5 * L$$

Ecuación 8

$$\text{Longitud de la zona de dosificación} = 0,5 * 1320\text{mm}$$

$$\text{Longitud de la zona de dosificación} = 660\text{mm}$$

Para cálculos posteriores se realiza el cálculo de la longitud de la **altura del filete en la zona de dosificación**, utilizando la siguiente ecuación matemática:

$$h_d = \frac{D_{ext} - D_{int}}{2}$$

Ecuación 9

D_{ext} = Diámetro exterior del husillo real = 55mm

D_{int} = Diámetro interior del husillo real = 39,6mm

$$h_d = \frac{55\text{mm} - 39,6\text{mm}}{2}$$

$$h_d = 2,5\text{mm}$$

de arrastre y originado por el gradiente de presión a lo largo del tornillo. La tolerancia radial de ajuste en tre el tornillo y las paredes internas del cilindro es generalmente muy pequeña (del orden de 0,1 milímetros) y, por tanto, el flujo de pérdidas es mucho más pequeño que los dos mencionados anteriormente (Anguita, 1977).

□ FLUJO VOLUMÉTRICO

El estudio de movimiento de un material viscoso en el tornillo de una máquina de extrusión se simplifica considerando tres tipos diferentes de flujos; el **flujo de arrastre o de fricción**, α , que es debido a la fricción del material con el tornillo y con las paredes del cilindro, es el principal responsable del movimiento del material desde la tola de alimentación hasta la boquilla; el **flujo de presión o de retroceso**, β , opuesto al interior y debido a la diferencia de presión entra la tolva y el cabezal de la máquina, presión esta última que se originada por la restricción que impone la boquilla o el plato rompedor. Finalmente, el **flujo de pérdida o de fugas**, γ , que tiene lugar entre el cilindro y el filete del tornillo y es también opuesto al flujo

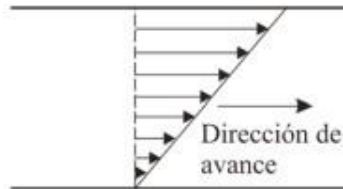


Ilustración 19. Perfil de velocidades debido al flujo de presión.

El flujo de presión se debe, como ya se ha indicado, al gradiente de presión a lo largo del cilindro. La presión es mayor en el lado de la boquilla, y este gradiente de presión tiende a hacer que el material fluya hacia atrás a lo largo del canal del tornillo oponiéndose al flujo de arrastre y suponiendo un retroceso del material en el canal del tornillo. El perfil de velocidades debido a la existencia de un gradiente de presión es parabólico y se representa:

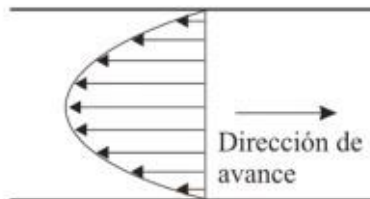
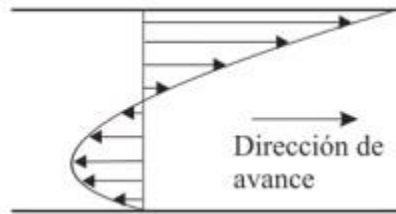


Ilustración 20. Perfil de velocidades debido al flujo de presión.

Como el flujo de perdidas es muy pequeño comparado a los dos anteriores y no es preciso considerarlo. El flujo total a lo largo del canal del tornillo es el resultado del flujo de avance y



del de presión y su perfil de velocidades puede determinarse sumando algebraicamente los dos de la siguiente manera (Anguita, 1977).

Ilustración 21. Perfil de velocidades del flujo volumétrico total.

El flujo volumétrico se determina mediante la siguiente ecuación matemática:

$$Q = \left(\frac{\alpha k}{k + \beta + \gamma} \right) n$$

Ecuación 10

α = flujo de arrastre β = flujo de presión γ = flujo de fuga
 k = constante total de la forma geométrica del cabezal.

□ FLUJO DE ARRASTRE

El flujo de arrastre se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{\pi * m * D * h_d \left(\frac{w}{2} - e \right) m \cos^2 \varphi}{2}$$

Ecuación 11

m = número del canales del husillo h_d = altura del filete en la zona de dosificación w = paso del filete e = ancho de filete D = diámetro del husillo



$$\alpha = \frac{\pi * 1 * 55mm * 2,5mm \left(\frac{55mm}{1} - 5,5mm \right) \cos^2(17,65^\circ)}{2}$$

$$\alpha = 9708,37mm^3$$

$$\alpha = 9,70837cm^3 \quad * \frac{h_d^3 * \left(\frac{w}{m} - e \right) \sin(17,65^\circ) \cos(17,65^\circ)}{12 * L}$$

- FLUJO DE PRESIÓN

$$\beta = \frac{m}{12 * L}$$

Ecuación 12 L

= longitud del husillo

$$\beta = \frac{1 * (2,5mm)^3 * \left(\frac{55mm}{1} - 2,5mm \right) \sin(17,65^\circ) \cos(17,65^\circ)}{12 * 1320mm}$$

$$\beta = 0,014963mm^3$$

$$\beta = 1,4963 \times 10^{-5}cm^3$$

- FLUJO DE FUGAS

$$\gamma = \frac{\pi^2 * D^2 * \delta^3 * \tan \varphi}{10 * e * L}$$

Ecuación 13

$$\gamma = \frac{\pi^2 * (55mm^2) * (0,011mm)^3 * \tan 17,65^\circ}{10 * 5,5mm * 1320mm}$$

$$\gamma = 1,74156 * 10^{-7}mm^3$$

□ VELOCIDAD DE CORTADURA

La velocidad efectiva (u) se determina en función de la velocidad de cortadura por medio de diagramas, preparados para los diferentes materiales, en función de la temperatura. De la siguiente ilustración 19. Se toman los datos de velocidad de cortadura 100 s^{-1}
 $\gamma = 0,0017415 \text{ cm}^3$

Tipo de canal	Formula	Nomenclatura
Para canal cónico con el diámetro de salida menor	$k = \frac{3\pi * d_o^3 * d_1^3}{128 * L(d_o^2 + d_1 * d_o + d_1^2)}$	d _o : diámetro de entrada del material en un canal anular cilíndrico. d ₁ : diámetro de salida del material en un canal anular cilíndrico

Tabla 9. Elección de tipo de cabezal. (Savgrodnny, 2000)

$$k = \frac{3\pi * d_o^3 * d_1^3}{128 * L(d_o^2 + d_1 * d_o + d_1^2)}$$

Ecuación 14

$$k = \frac{3\pi * 55\text{mm}^3 * 48\text{mm}^3}{128 * 1320\text{mm} * (55\text{mm}^2 + 48\text{mm} * 55\text{mm} + 48\text{mm}^2)}$$

$$k = 128,794\text{mm}^3$$

$$k = 0,128794\text{cm}^3$$

y es donde

comienza el proceso de extrusión.

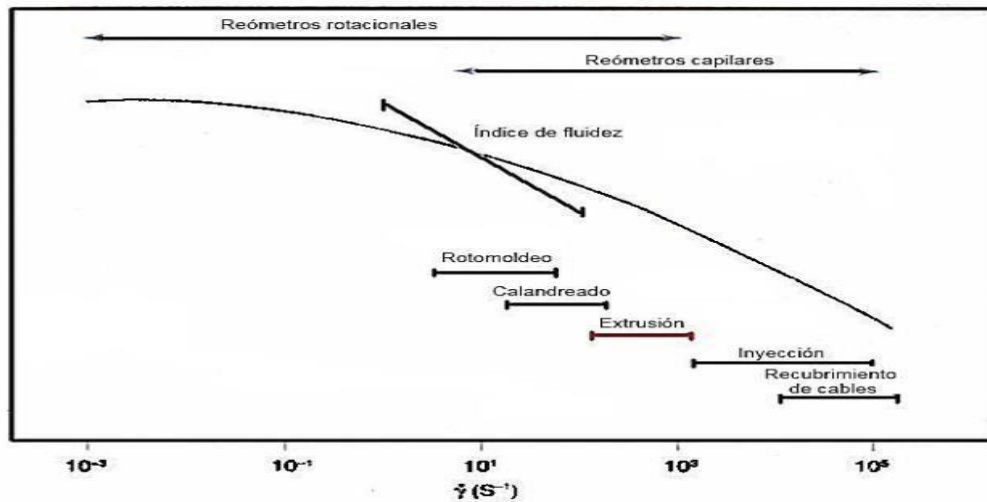


Ilustración 22. Velocidad de cortadura para los distintos procesos del plástico. (Savgrodnny, 2000)

La velocidad de cortadura que se utiliza para el PET, con relación a los parámetros de rpm entre 85 a 165. Mediante la siguiente ecuación matemática se determina los rpm necesarios para el desempeño óptimo de la máquina.

$$\partial = \frac{\pi * D * \eta}{h_d}$$

Ecuación 15

∂ = velocidad de cortadura

η = *Revoluciones*

D = diámetro del husillo

hd = profundidad del canal en la zona de dosificación

Entonces, para el número de revoluciones de 86,81RPM el flujo volumétrico es:

$$Q = \left(\frac{\alpha k}{k + \beta + \gamma} \right) n$$

DGS is member of:



Una universidad *inclusyente* y *comprometida* con el desarrollo integral



Entonces, como son proporcionales los RPM y Q, si aumentamos el RPM a:

130	9,578	103,094901
140	9,578	111,025278
150	9,578	118,955655
160	9,578	126,886032
170	9,578	134,816409

Tabla 10. Análisis del flujo másico con el aumento de las revoluciones.

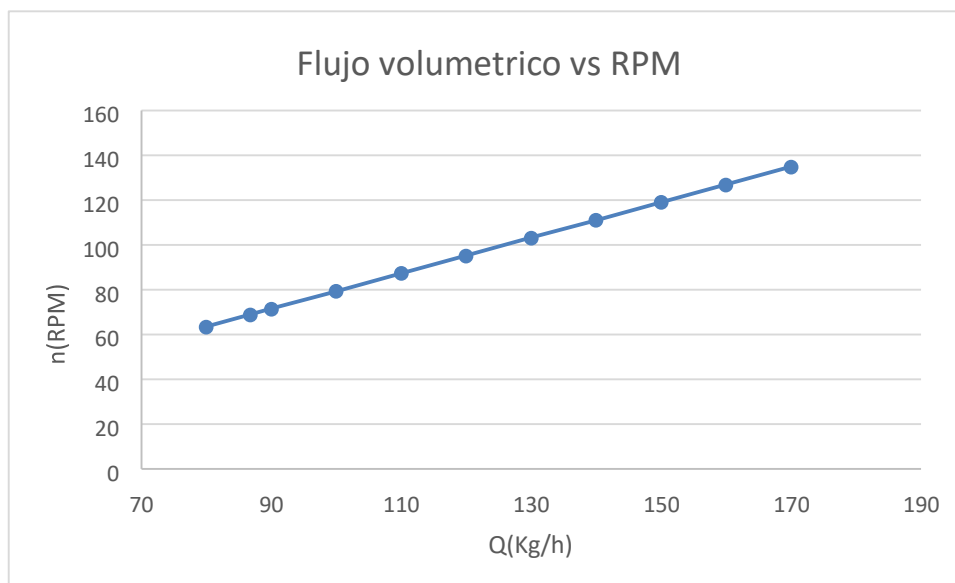


Tabla 11. Variación del flujo volumétrico



Si la densidad del PET es de $1380 \frac{Kg}{m^3}$

$$m = V * \rho$$

$$V = 0,00276m^3$$

Ecuación 18

m = masa V =
 Volumen ρ =
 densidad

Entonces,

$$m = V * \rho$$

$$m = 0,00276m^3 * 1380 \frac{Kg}{m^3}$$

$$m = 3,8088Kg$$

□ VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN

Para determinar cuánto produce la maquina por hora es necesario calcular los siguientes datos con el fin de determinar en un turno de 8horas cuál sería la producción total, y se determina de la siguiente forma:

$$C = v * A_{rec}$$

Ecuación 19

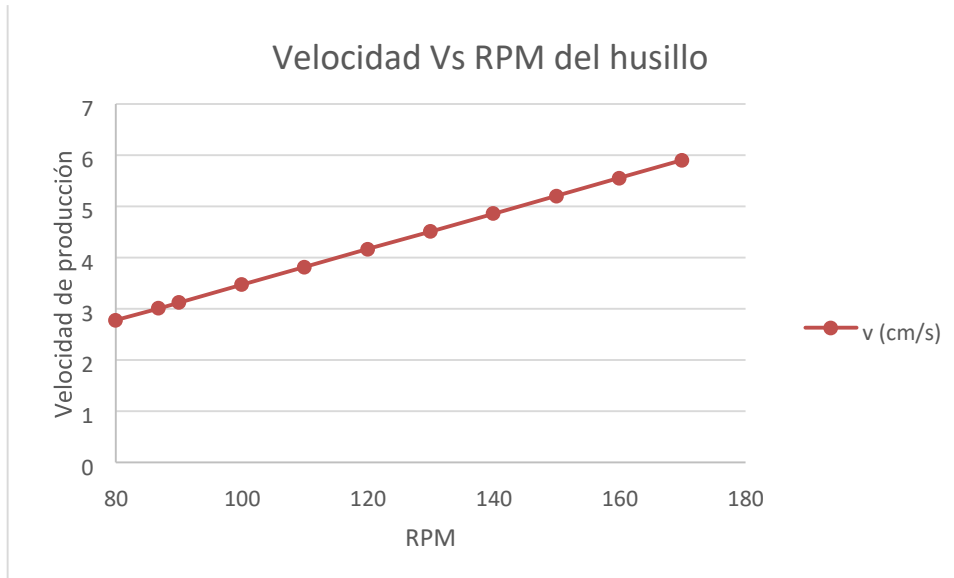
C = Caudal

v = velocidad de producción

$$v = \frac{831,444 \text{ cm}^3}{0,00046m^2} \cdot \frac{1min}{60s} \cdot \frac{1m^3}{1 \times 10^6 \text{ cm}^3}$$

$$v = 0,030125 \frac{m}{s}$$

$$v = 3,0125 \frac{cm}{s}$$



m³

$$v = 0,000014,00046m s_2$$

Tabla 12. Capacidad máxima del tornillo extrusor a RPM variable.

□ POTENCIA REQUERIDA

Para darle movimiento al husillo es necesario calcular la potencia necesaria del motor a utilizar, que depende estrictamente de las dimensiones, características del husillo, RPM y el factor de proporcionalidad mediante la siguiente ecuación matemática:

$$P = 32 \times 10^{-5} * Q * C * (T_m - T_o)$$



costo del consumo electrico = 926697 pesos

Con un factor de seguridad de $n = 1.1$ el motor asignado para este proyecto es de 15hp marca Siemens.

Si se multiplica el total del consumo por el costo del kilovatio hora en la ciudad de Cúcuta se obtiene lo siguiente:

*costo del consumo electrico = Consumo * precio del kilovatio hora*

Ecuación 22

$$\text{costo del consumo electrico} = 2447,76\text{kwh} * 378,59 \frac{\text{pesos}}{\text{kwh}}$$

□ PRESIÓN MAXIMA

Este cálculo es importante ya que se determina la presión máxima en la que la extrusora de plástico va a trabajar y se determina mediante el uso de la siguiente ecuación matemática:

$$P_{max} = \frac{6\pi * D * L * \eta * \mu}{h_d * \tan \varphi}$$

Ecuación 23

Donde,

P_{max} = presión máxima

n = revoluciones μ =

viscosidad efectiva

De la ilustración 21. Se determina la viscosidad efectiva para una velocidad de cortadura de 100 1/s de 800 pa.s.

De lo anterior obtenemos entonces;

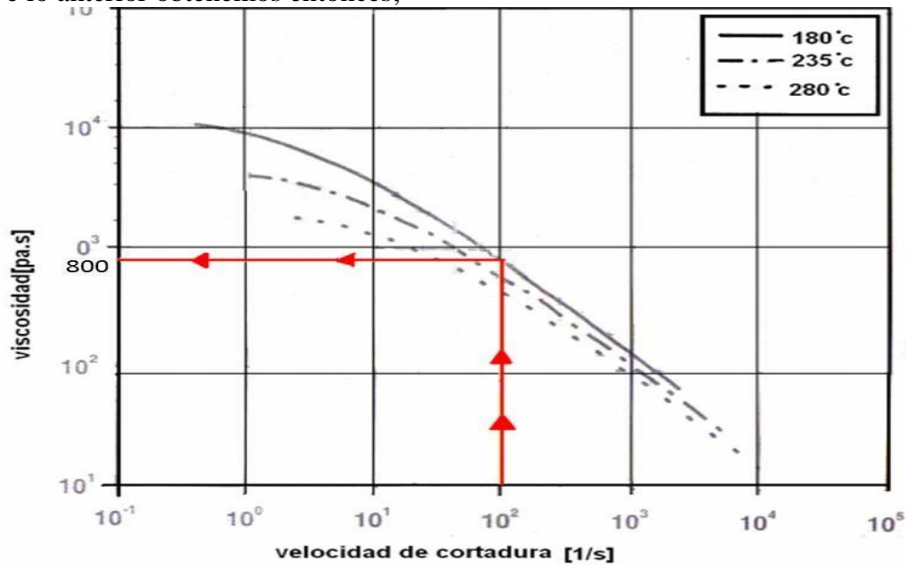


Ilustración 24. Intervalos de viscosidad efectiva (Savgrodney, 2000).

$$P_{max} = \frac{6\pi * 0,55m * 1,32m * (86,81rpm * \frac{1min}{60s})}{* 800pa. s} 0,0025_2 * \tan 17,65^\circ 60s$$

$P_{max} = 7,96Gpa$

□ PESO DEL HUSILLO.



Ilustración 25. Peso del alma constate del husillo, C. Jiménez.

Para determinar las fuerzas que se generan en el husillo, es necesario calcular el peso del husillo en todas sus tres zonas, alimentación, compresión y dosificación. En este caso el alma del husillo es constante y varía es la longitud o tamaño de cresta del filete según la zona donde se encuentre, de este modo obtenemos entonces lo siguiente:

$$A_{\odot} = \pi * r^2$$

Ilustración 26

Ilustración 27. Dimensión del alma del husillo, SolidWorks. C. Jiménez.

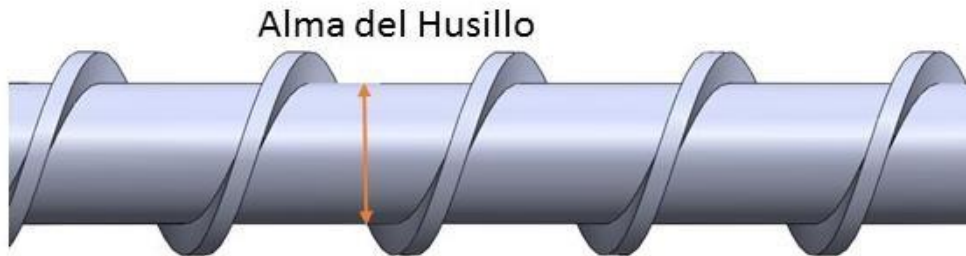
A_{\odot} = Área transversal del alma del husillo
 r = radio.

Entonces obtenemos lo siguiente remplazando los datos:

$$A_{\odot} = \pi * (19,8mm)^2$$

$$A_{\odot} = 1231,63mm^2$$

$$A_{\odot} = 0,00123163m^2$$



Con el área del alma del husillo es fácil calcular el volumen del husillo de la siguiente manera:

$$V = A_{\odot} * L$$

Ilustración 28

L = longitud total del husillo

$$V = 0,0123163m^2 * 1,32m$$

$$V = 0,01626m^3$$

Volumen del filete para la zona de alimentación

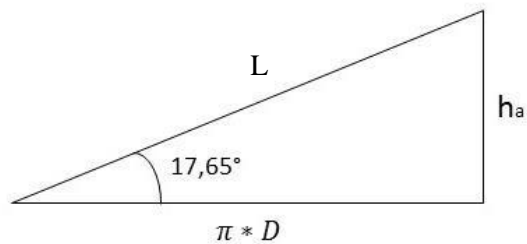


Ilustración 29. Longitud del filete en la zona de alimentación.

h_a = altura del filete en la zona de alimentación



$$L = \sqrt{(\pi * 39,6mm)^2 + 7,7mm^2}$$

$$L = 124,645mm$$

$$L = 0,124645m$$

L = longitud del filete

Mediante trigonometría se puede obtener la longitud L de la ilustración 26, de la siguiente manera:

$$L = \sqrt{(\pi * D)^2 + h_a^2}$$

Ecuación 24

$$= \frac{D - D_a h_a}{2}$$

Ecuación 25

$$= \frac{55mm - 39,6mm h_a}{2}$$

$$h_a = 7,7mm$$

Entonces se obtiene lo siguiente:

Volumen del filete se calcula mediante la siguiente expresión matemática donde se involucra los datos de espesor, longitud del filete y altura del filete.

$$V = h_a * L * e$$

Ecuación 26



Ilustración 30. Características del tornillo sin fin utilizado para la extrusora de plástico. C. Jiménez.

e = espesor del filete

Reemplazando los datos en la ecuación 24 obtenemos lo siguiente:

$$V = 7,7mm * 124,645mm * 5,5mm$$

$$V = 5278,72mm^3$$

$$V = 5,27872x10^{-6}m^3$$

Total de la zona de alimentacion

Ecuación 27

$$V_{Total\ de\ la\ zona\ de\ alimentacion} = 5,27872x10^{-6}m^3 * 12$$

$$V_{Total\ de\ la\ zona\ de\ alimentacion} = 6,3x10^{-5}m^3$$

Para hallar el cálculo del filete en la zona de compresión se realiza de la misma manera obteniéndose lo siguiente:

$$V = h_c * L * e$$

Ahora teniendo el volumen del filete, se multiplica por el número de filetes en la zona de alimentación, obteniendo entonces lo siguiente:

$$V = V * \# \text{ de filetes en la zona}$$

Ecuación 28

h_c = altura de la zona de la zona de compresión

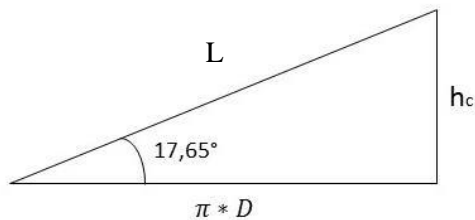


Ilustración 31. Longitud del filete en la zona de compresión.

$$L = \sqrt{(\pi * D)^2 + h_c^2}$$

Ecuación 29

Reemplazando se obtiene lo siguiente:

$$L = \sqrt{(\pi * 39,6mm)^2 + 5,1mm^2}$$

Entonces el volumen se obtiene a partir de los datos anteriores:

$$V = 5,1mm * 124,512mm * 5,5mm$$

$$V = 3492,56mm^3$$

$$V = 3,49256 \times 10^{-6}m^3$$

Multiplicando el volumen por el número de filetes en la zona de compresión se obtiene:

$$V_{total \text{ de los filetes en la zona de compresión}} = V * \# \text{ de filetes}$$

Ecuación 30

$$L = 124,512mm$$

$$L = 0,124512m$$

$$V_{total \text{ de los filetes en la zona de compresión}} = 3,49256 \times 10^{-6} m^3 * 13$$

$$V_{total \text{ de los filetes en la zona de compresión}} = 4,5 \times 10^{-5} m^3$$

Por último se calcula el volumen de los filetes en la zona de dosificación.

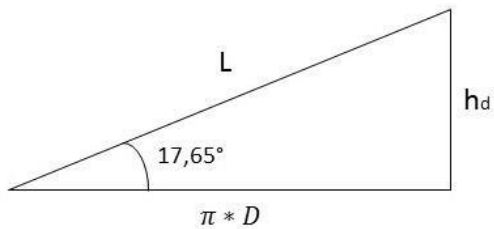


Ilustración 32. Longitud del filete en la zona de dosificación.

$$L = \sqrt{(\pi * D)^2 + h_d^2}$$

Ecuación 31

Con la longitud de filete en la zona de dosificación es fácil obtener el volumen del filete en la zona de dosificación.

$$V = h_d * L * e$$

Ecuación 32

Reemplazando los datos se obtiene:

$$V = 2,5mm * 124,432mm * 5,5mm$$

$$V = 1710mm^3$$

$$V = 1,710 \times 10^{-6} m^3$$



$$L = \sqrt{(\pi * 39,6mm)^2 + 2,5mm^2}$$

$$L = 124,432mm$$

Multiplicando el volumen con el número de filetes se obtiene el volumen total de los filetes en la zona de dosificación de la siguiente manera:

$$V_{total \text{ de los filetes en la zona de dosificación}} = V * \# \text{ de filetes en la zona de dosificación}$$

Ecuación 33

$$V_{total \text{ de los filetes en la zona de dosificación}} = 1,710 \times 10^{-6} m^3 * 6$$

$$V_{total \text{ de los filetes en la zona de dosificación}} = 1 \times 10^{-5} m^3$$

Sumando los volúmenes totales de los filetes en cada zona con el volumen del alma del husillo se obtienen el volumen total del husillo.

$$V_{total \text{ del husillo}} = V_{Alma \text{ del husillo}} + V_{Total \text{ de los filetes en Z. A}} + V_{Total \text{ de los filetes en Z. C}} + V_{Total \text{ de los filetes en Z. D}}$$

Ecuación 34

Reemplazando se obtiene el volumen total

$$V_{total \text{ del husillo}} = 0,01626m^3 + 6,3 \times 10^{-5} m^3 + 4,5 \times 10^{-5} m^3 + 1 \times 10^{-5} m^3$$

Donde, $\rho =$

densidad

m = masa

Despejando la masa obtenemos lo siguiente:

$$m = \rho * V$$

$$V_{total \ del \ husillo} = 0,01744m^3$$

Ya con el volumen total del husillo se puede determinar el peso mediante la formula matemática a continuación descrita:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Ecuación 35

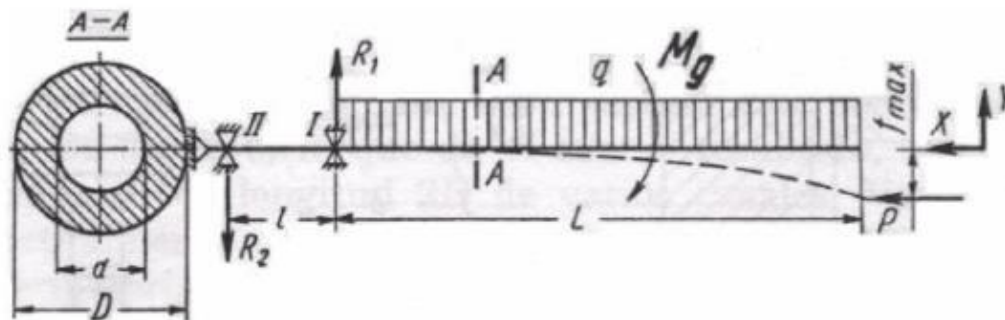
La densidad del acero 4340 está definida como $7,85 \text{ cm}^3 \text{ g}$

$$m = \frac{7850 \text{ Kg}m^3}{1000} * 0,01744m$$

$$m = \frac{7850 \text{ Kg}}{1000} * 0,01744m$$

$$m = 136,904Kg$$

La misión fundamental de un cálculo de resistencia consiste en comprobar las dimensiones previamente determinadas del husillo y determinar la flecha máxima admisible. Sobre el husillo la fuerza axial P, el momento de giro M, y la carga uniformemente repartida q, originada por el propio peso del husillo. Las fuerzas P y q provocan la flecha de giro (Savgrodny, 2000).





$$M_g = 1168,99N.m$$

Para calcular las fuerzas que actúan sobre el husillo es necesario encontrar el momento de inercia de la sección transversal de la siguiente manera.

Ecuación 38

Reemplazando obtenemos:

$$u = \frac{39,6mm}{55mm}$$

$$u = 0,72$$

Teniendo los datos de la relación entre los diámetros del husillo, se obtiene fácilmente el momento de inercia:

$$J = \frac{\pi * 0,055m^2}{64} (1 - 0,72^4)$$

$$J = 0,000109m^4$$

Ahora se calcula la superficie de la sección transversal del husillo mediante la siguiente ecuación matemática:

Reemplazando los datos en la ecuación 37 se obtiene lo siguiente:

$$F = \pi \frac{(0,055m)^2}{4} (1 - 0,72^2), m^2$$

$$F = 0,001144m^2$$

Teniendo los datos de momento inercia y superficie de sección transversal se puede calcular el radio de inercia de la sección transversal de la siguiente manera:

$$R = \sqrt{\frac{J}{F}}, m$$

Ecuación 40



$$F = \frac{\pi * D^2}{4} (1 - u^2), m^2$$

Ecuación 39

F = superficie de la sección transversal

Reemplazando los datos en la ecuación 38 se obtiene:

$$\mathcal{R} = \sqrt{\frac{0,000109m^4}{0,001144m^2}}$$

$$\mathcal{R} = 0,308674m$$

Para determinar la fuerza axial P, que se ejerce en el husillo se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$P = F * pmax$$

Ecuación 41

Reemplazando los datos en la ecuación 39 se obtiene lo siguiente:

pmax = Presión máxima, (determinada en la ecuación 21)

La tensión tangencial máxima sobre la superficie del husillo se calcula mediante el siguiente cálculo:

$$\tau = \frac{16 * M_g}{\pi * D^3(1 - u^4)}$$

Ecuación 42

Obteniéndose lo siguiente,

$$\tau = \frac{16 * 1168,99N.m}{\pi * (0,055m)^3(1 - 0,72^4)}$$

$$\tau = 48,93 \text{ MN} \cdot m_2$$





$$P = 0,001144m^2 * 7,96Gpa$$

$$P = 9,10624MN$$

Puesto que las tensiones normales son provocadas por la fuerza axial P y la carga repartida q, las tensiones máximas surgirán en el apoyo del árbol (en el primer cojinete)

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{M_f}{W_o}$$

Ecuación 43

Donde M_f , es el momento de flexión máximo; y está dado por las siguientes expresiones matemáticas:

$$M_f = \frac{qL^2}{2} = \frac{\gamma * F * L^2}{2} = \frac{\gamma L^2}{2} * \frac{\pi D^2}{4} (1 - u^4)$$

Ecuación 44

Donde γ es la densidad del material.

De todas las posibles soluciones para encontrar el momento de flexión máximo se optó por tomar la expresión:

$$q = \frac{\text{peso del tornillo}}{\text{longitud del tornillo}}$$

Ecuación 46

$$q = \frac{136,904Kg}{1,32m}$$

$$q = 103,715 \frac{Kg}{m}$$

Reemplazando los datos de q en la ecuación 43 se obtiene:



$$M_f = \frac{qL^2}{2}$$

Ecuación 45

q = carga repartida
 Kg^2

$$M_f = \frac{103,715}{2} \frac{m * (1,32m)}{m}$$

$$M_f = 90,3565 \text{Kg}$$

De la ecuación 41. W_0 , se obtiene con la siguiente expresión:

$$W^0 = \frac{\pi * D^3 (1 - u^4)}{32}$$

Ecuación 47

$$W^0 = \frac{\pi * (0,055m)^3}{32} (1 - 0,72^4)$$

$$W_0 = 0,000012m^3$$

Sustituyendo los valores F, M_f , y W_0 en la ecuación 41. Se obtiene la tensión normal:

$$\sigma = \frac{9,10624MN}{0,001144m^2} + \frac{90,3565Kg}{0,000012m^3}$$

Es necesario determinar la transferencia de calor en el interior del husillo, calculando la temperatura T2 requerida para que t1 alcance la temperatura de 260 grados que es la temperatura de fundición del plástico PET.

$$\sigma = 803,53 \frac{MN}{m^2}$$

□ **TRANSFERENCIA DE CALOR**

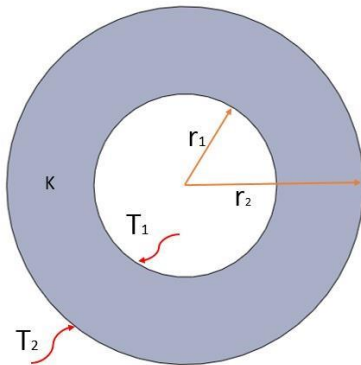


Ilustración 34. Vista transversal de husillo, Solidworks. C. Jiménez.

Mediante la ecuación de transferencia de calor por conducción en cilindros huecos es fácil determinar la temperatura requerida, de la siguiente manera.

$$Q_{cond, cil} = \frac{2\pi * L * K (T_2 - T_1)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Ecuación 48

$Q_{cond, cil}$ = Calor Transferido por unidad de tiempo

L = longitud del cilindro fijo

K = conductividad térmica

La temperatura por formula se tiene que convertir a grados Kelvin de la siguiente manera:

El calor transferido por la potencia de las resistencias eléctricas está dado por la siguiente ecuación:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Ecuación 50



11.10. DISEÑO DE MOLDE METALICO CON SECCION TRANVERSAL 5CM * 1CM

P= Potencia

V = Voltaje

R = Resistencia

$$P = \frac{220^2}{24} (W)$$

$$P = 2000W$$

Teniendo el dato de Q lo reemplazamos en la ecuación 48.

$$2000W = \frac{2\pi * 1,32m * 44,5 \frac{W}{mK} (T_2 - 533,15K)}{\ln \left(\frac{0,1075m}{0,0055m} \right)}$$

Despejando T₂ se obtiene:

$$T_2 = 535K$$

Y convirtiéndolos en centígrados se obtiene:

$$T_2 = 549K - 273,15^\circ C$$

$$T_2 = 276,109^\circ C$$

Su objetivo principal es preformar el plástico fundido proveniente de la extrusora de plástico según su geometría interna, las geometrías pueden ser infinitas y para este proyecto se diseñó

un molde o dado metálico en aluminio, con un área transversal interna de 5cm*1cm y además de preformar el plástico PET o PP también tiene el propósito de contener el material fundido a 260°C hasta que sale del dado con características sólidas.

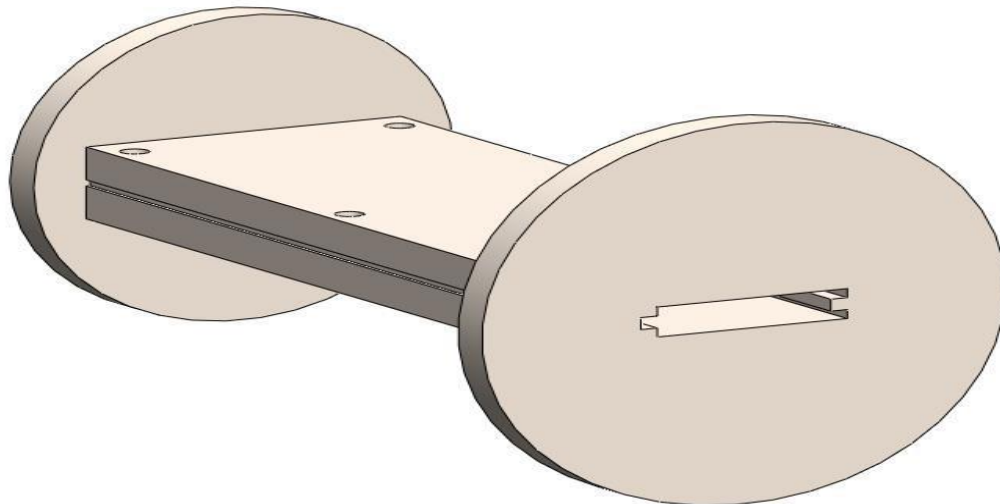


Ilustración 35. Molde metálico con dimensiones internas de 5cm*1cm en Solidworks, C. Jiménez.

Mediante cálculos matemáticos se desea saber que tanto calor transfiere el plástico a temperatura de salida de extrusión 260°C, utilizando las ecuaciones de Fourier de transferencia de calor por conducción es posible determinarlo de la siguiente manera:

$$q_k = KA * \frac{dt}{dx}$$

Ecuación 51

Donde, q_k = calor

transferido

K = conductividad termica del plastico

dx = distancia

Tienen los valores siguientes:

W

A = área transversal

dt = diferencia de temperatura

$K = 0,4 \frac{W}{K \cdot m}$, conductividad del plástico PET.

$A = 0,00046m^2$ $dx = 22 \text{ cm} = 0,22m$,

distancia del dado.

$= 0,4 \frac{W}{K \cdot m} * 0,00046$ Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación 50.

Se obtiene:

$$q_k = \frac{W}{K \cdot m} = \frac{(260 - 30)K}{0,22m}$$

$$q_k = 0,192364W$$

Si el dado o molde metálico está contenido dentro de un recipiente cilíndrico se puede obtener la temperatura necesaria para disipar el calor transferido por el dado metálico.

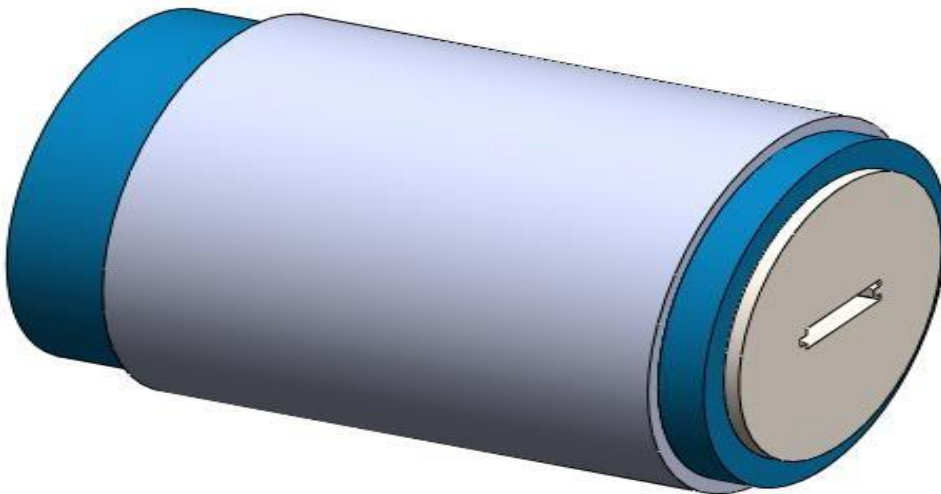


Ilustración 36. Filiera o contenedor del dado metálico, mediante programa metálico CAD solidwork, C. Jiménez.

Pero antes es necesario calcular la transferencia de calor en la pared del dado utilizando la misma ecuación de transferencia de calor (ecuación 50) modificando solamente la temperatura T_s . Para el dado de aluminio se obtiene.

$$q_k = KA * \frac{T_s - T_1}{dx}$$

$$K = 209,3 \text{ W}$$

Conductividad térmica del aluminio. dx

= longitud del dado

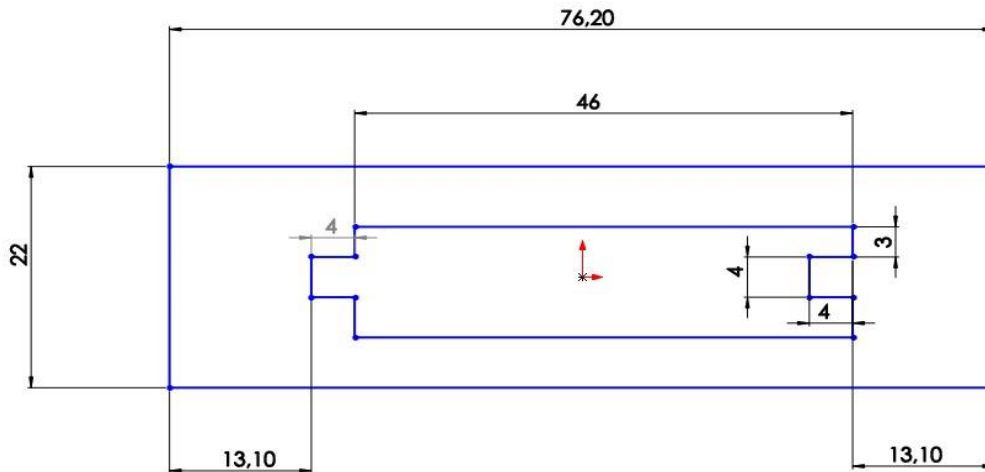


Ilustración 38. Área transversal del dado, mediante uso de SolidWorks. C, Jiménez.

Medida dadas en milímetros.

Donde,

$$\text{Área} = b_1 * a_1 - b_2 * a_2$$

Ecuación 54

$$\text{Área} = 0,0762m * 0,022m - 0,046m * 0,01m$$

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación 50. Se obtiene:



$$\text{Área} = 0,001216m^2$$

$$T_k = 273,15 + 260$$

$$0,192364W = 0,001216m \frac{2 * 209,3 \text{ W } T_s - 533,15k}{K * m \quad 0,22m}$$

$$T_s = 532K$$

$$T_s = 258,85^\circ C$$

Como el espesor del dado que contiene el plástico es tan delgado la transferencia de calor no tiene variaciones muy altas, por tanto las temperaturas son cercanas entre sí.

Reemplazando los datos en la ecuación 51, de transferencia de calor por convección se puede calcular el coeficiente de convección, con el fin de determinar qué tipo de refrigerante es necesario utilizar para enfriar el plástico.

$$0,192364W = h_c * (532k - 303,15K) hc$$

$$= 0,000841 \text{ W}$$

$$m * K$$

Los datos obtenidos muestran que el refrigerante óptimo para enfriar el plástico es el propano de la tabla A – 12 del libro de Cenyel.

Peso del husillo más cilindro hueco = 260Kg

Primero se determina las fuerzas A y B para determinar por último la fuerza P que se requiere.



□ CARGA PUNTUAL

Se desea saber cuánta fuerza la carga puntual P , para generar momento en el final de la extrusora de plástico, con el propósito de determinar si es necesario un soporte que evite el volcamiento de la máquina.

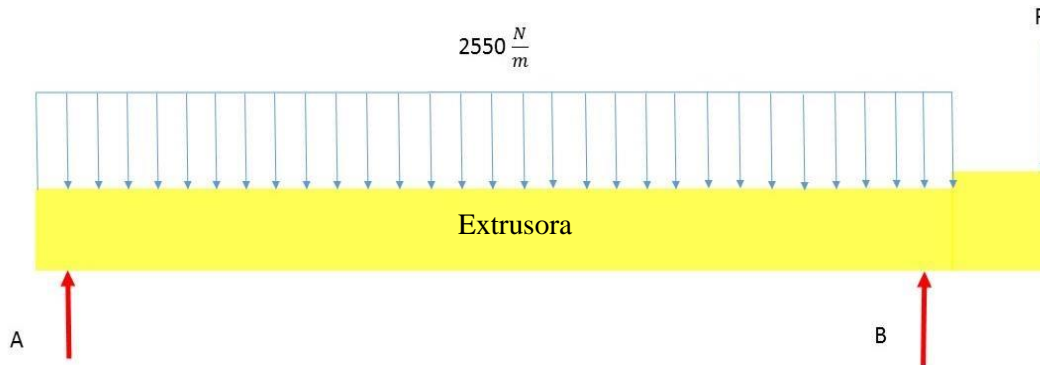


Ilustración 39. Fuerza distribuida de la extrusora de plástico. C, Jiménez.

Resolviendo la carga distribuida queda una carga puntual de la siguiente forma:

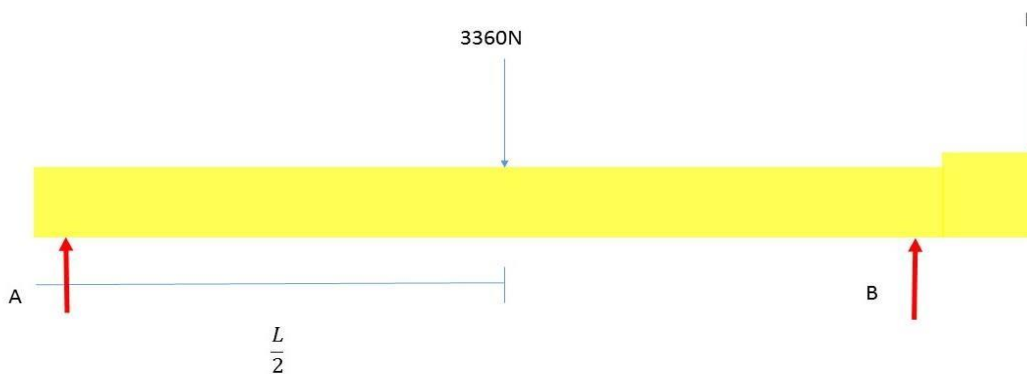


Ilustración 40. Carga puntual para determinar la reacción de P. C, Jiménez.

Ecuación 55 F_R

$$= -A_y - B_y + 3360N$$



12.3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE COMPONENTES DE LA EXTRUSORA DE PLASTICO.

$$\sum M_A = 0$$

Ecuación 56

$$3360 \frac{N}{m} * \frac{L}{2} - B_y * L = 0$$

Donde L es la longitud del husillo.

$$L = 1,32m$$

Reemplazando se obtiene:

$$3360 \frac{N}{m} \frac{1,32m}{2} - B_y * 1,32m = 0$$

$$B_y = 1660N$$

Despejando B_y en la ecuación 54, se obtiene A_y :

$$A_y = 1660N$$

Para que la fuerza P pueda hacer momento en el cilindro, esta tiene que ser mucho mayor a 3360N/m. por tanto no es necesario un apoyo para la filiera.

□ DISEÑO

En este punto se utilizó un programa CAD Solidworks para el diseño de cada una de las piezas que componen la extrusora de plástico.

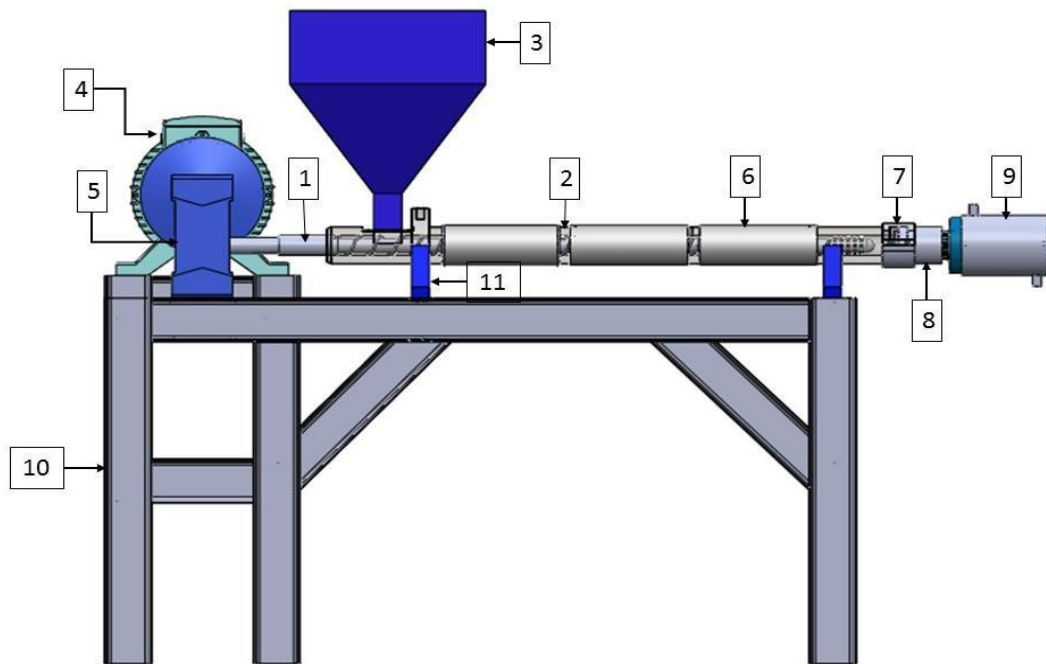


Ilustración 41. Extrusora de plástico en programa CAD, C. Jiménez.

Cada uno de los componentes enumerados es especificado en la siguiente tabla.

Numeración	Nombre de la pieza	Cantidad
1	Husillo	1
2	Barril o cilindro extrusor	1
3	Tolva de almacenamiento	1
4	Motor eléctrico 10Hp	1
5	Reductor NMRV I10	1

6	Resistencia eléctrica	3
7	acople	2
8	Cabezal	1
9	Filiera	1
10	Estructura	1
11	Soporte	2

Tabla 13. Componentes de la extrusora de plástico.

Diseño del husillo en programa Solidworks con las mismas características de construcción que el encontrado en la chatarrería de la ciudad de Cúcuta. (Ver Anexo 1)



Ilustración 42. Husillo extrusor en programa Solidworks, C. Jiménez.

Ilustración 43. Barril extrusor diseñado en programa Solidworks, C. Jiménez.

Diseño de barril o cilindro extrusor diseñado en el programa CAD Solidworks con las mismas características que el encontrado en la chatarrería de la ciudad de Cúcuta. (Ver Anexo 2)



Diseño de tolva de almacenamiento en programa CAD Solidworks, a partir de las necesidades de producción de la maquina extrusora.

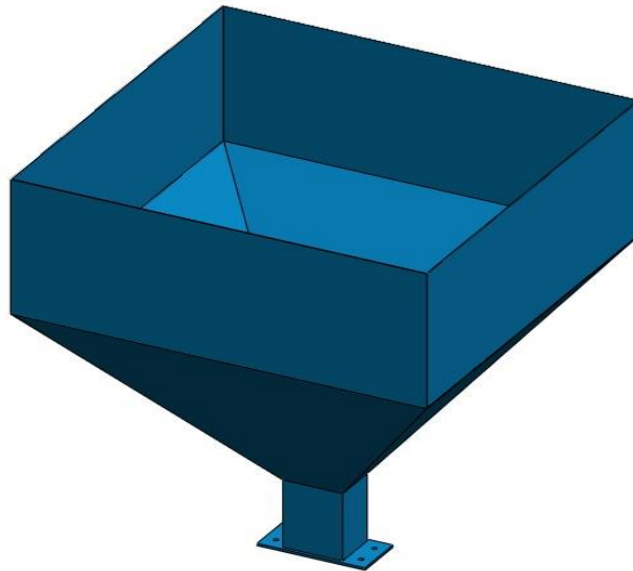


Ilustración 44. Tolva de almacenamiento diseñada en programa CAD Solidworks, C. Jiménez.

Ecuación 57

□ CALCULO DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

$$V_{\text{rectangulo}} = b * a * p$$

b = base a =

altura p =

profundidad

$$V_{\text{rectangulo}} = 0.5m * 0,48m * 0,2m$$

$$V_{\text{rectangulo}} = 0,048m^3$$

□ Volumen de la pirámide truncada

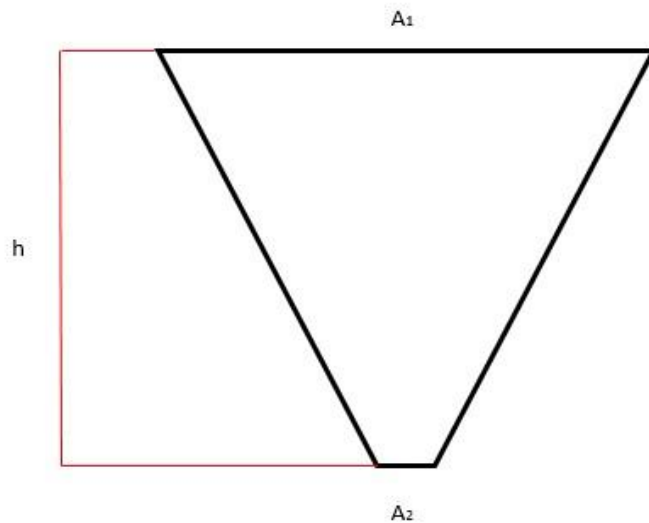


Ilustración 45. Pirámide truncada de la tolva de almacenamiento. C, Jiménez.

$$A_1 = 0.5m * 0,48m \quad A_2 = 0.056m * 0,072m \quad h = 0.3m$$

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación 58 se puede determinar el volumen.



Se determina el volumen de la pirámide truncada mediante la siguiente ecuación matemática:

$$V = \frac{h}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2})$$

Ecuación 58

$$V = \frac{0,3m}{3} (0,24m^2 + 0,004032m^2 + \sqrt{0,24m^2 * 0,004032m^2})$$

$$V = 0,027514m^3$$

Por último se determina el volumen del rectángulo inferior de la siguiente manera.

$$V = 0,056m * 0,072m * 0,1m$$

$$V = 0,000403m^3$$

El volumen total de la tolva de almacenamiento se da a partir de la suma de todos los volúmenes calculados anteriormente se la siguiente manera:

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3$$

Ecuación 59

$$V_{total} = 0,048m^3 + 0,027514m^3 + 0,000403m^3$$

$$V_{total} = 0,075917m^3$$

La masa total de plástico que puede contener la tolva de almacenamiento se determina según la ecuación siguiente:

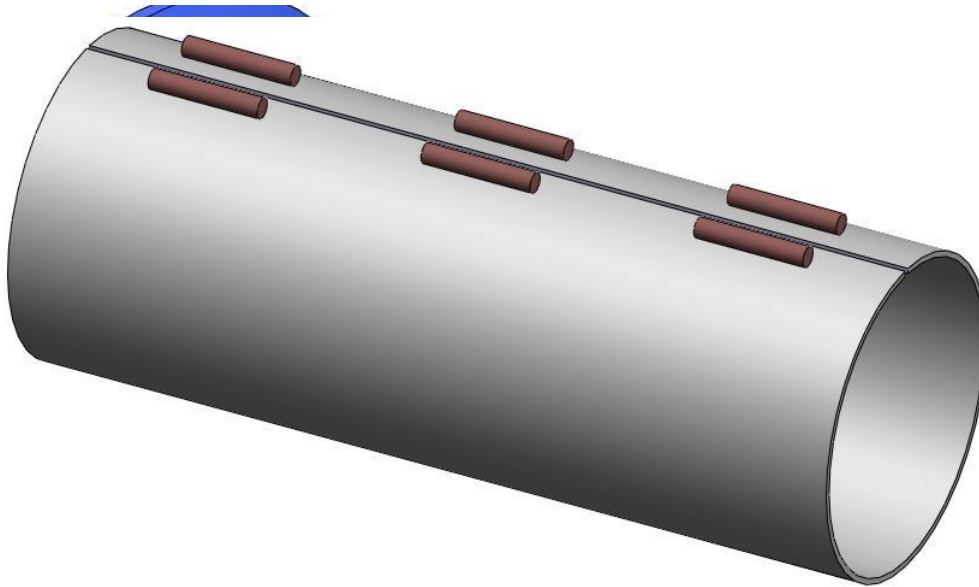
$$m = V_{total} * \rho$$

Ecuación 60 ρ

= densidad

Reemplazando los datos en la ecuación 60 se obtiene:

Las resistencias eléctricas diseñadas están con las dimensiones establecidas de acuerdo a la empresa que provee este tipo de resistencias para extrusoras de plástico, ELCTRO SILVANA en la ciudad de Bogotá.



relacion de reducción I

Ecuación 61

$$V = \frac{1700RPM}{10}$$

$$V = 170RPM$$

Es la velocidad máxima permitida a la salida del reductor y gracias a la ayuda de un variador eléctrico se puede modificar la velocidad de giro del motor entre (0 RPM y 170RPM).

Ilustración 48. Resistencia eléctrica tipo abrazadera. C, Jiménez.

El acople diseñado se creó para aprovechar la reducción de diámetro en la parte final de la extrusora de plástico y tiene como propósito sujetar el cabezal.

Diseño de cabezal a partir de la necesidad de compactar el plástico extruido por la extrusora, evitando de esta manera las burbujas de aire que se pueden generar en la entrada del plástico cuando la tolva deja pasar los gránulos triturados hacia el interior del barril.

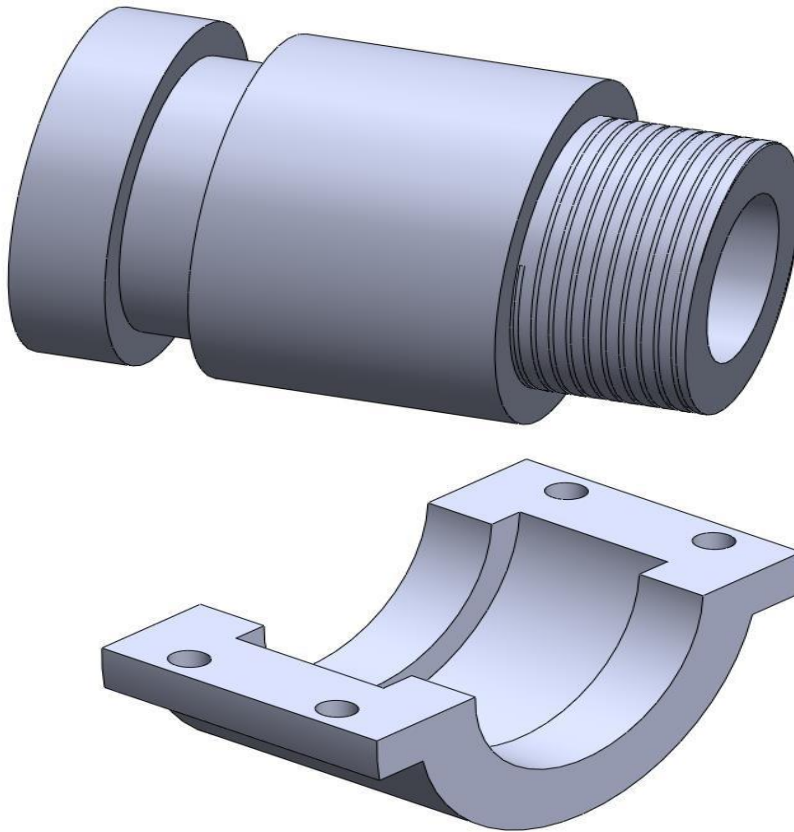


Ilustración 49. Cabezal diseñado a partir de programa CAD Solidworks, C. Jiménez.

Ilustración 50. Cabezal diseñado a partir de programa de diseño CAD Solidworks, C. Jiménez.

Diseño de filiera que dentro de su interior contiene el dado que le da preforma al plástico extruido.

Además la filiera tiene una entrada y salida de agua para el proceso de enfriado del plástico, esto garantiza que el plástico a la salida del dado consistente y no se deforme.

Diseño de la estructura que soporta el peso de todos los componentes descritos anteriormente

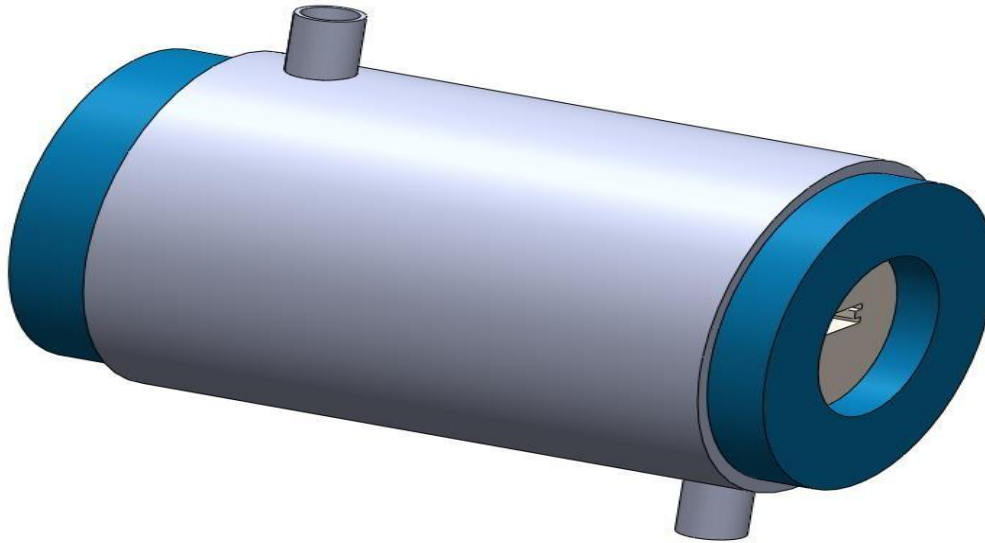


Ilustración 51. Filiera a partir del programa CAD Solidworks, C. Jiménez.

a partir de un perfil o viga tipo I.

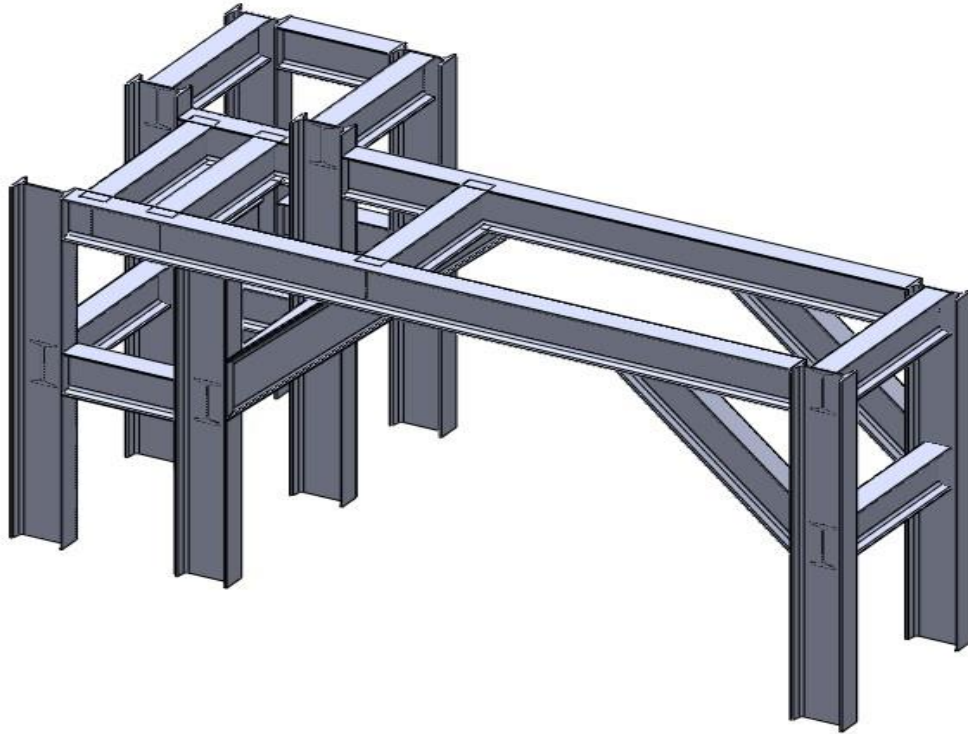


Ilustración 52. Base o estructura metálica con Perfiles tipo I. C, Jiménez.

Diseño de empotramientos o soportes del cilindro y husillo a carga estática.

DGS is member of:



Una universidad *inclusiva* y *comprometida* con el desarrollo integral

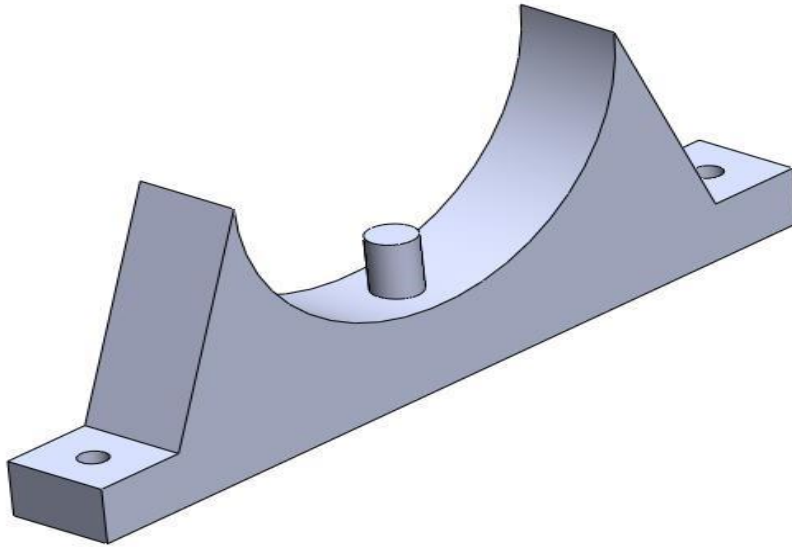
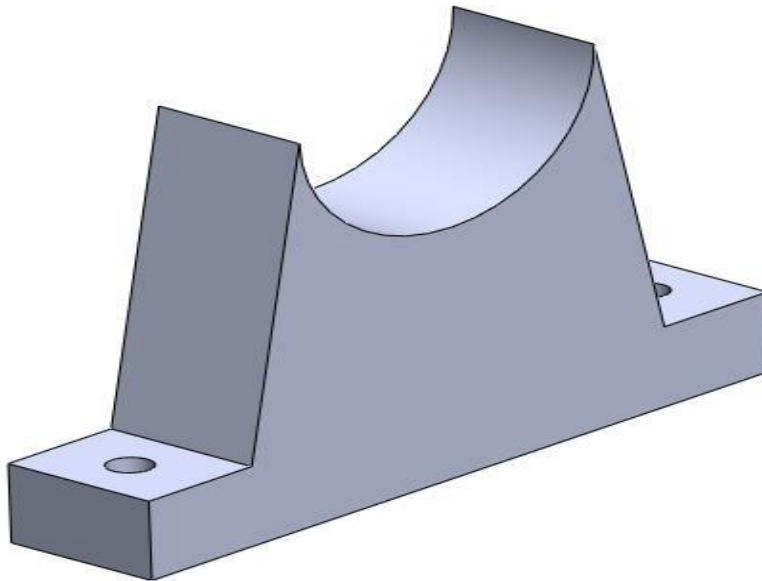


Ilustración 53. Soporte inicial cerca a la tolva de almacenamiento, C. Jiménez.



54. Soporte de la parte final de la extrusora cerca al cabezal. C. Jiménez.

□ CONSTRUCCIÓN



Ilustración 55. Extrusora terminada con todos los componentes. C, Jiménez.



Ilustración 56. Filiera contenedora del dado o preforma. C, Jiménez.

El volumen que puede contener la filiera está dado por la siguiente formula:

$$V = \pi * r^2 * L$$

Ecuación 62

L= longitud de la filiera.

$$V = \pi(0,08252m)^2 * 0,2m$$

$$V = 0,004270m^3$$

A esto se le resta el volumen del dado que se calculó en la ecuación 54.

$$V = 0,000243m^3$$

Dado como resultado el volumen resultante de la resta

$$V_R = 0,004270m^3 - 0,000243m^3$$

$$V_R = 0,004035m^3$$

La capacidad máxima de volumen que puede contener la filiera.



57. Construcción del dado. C, Jiménez.

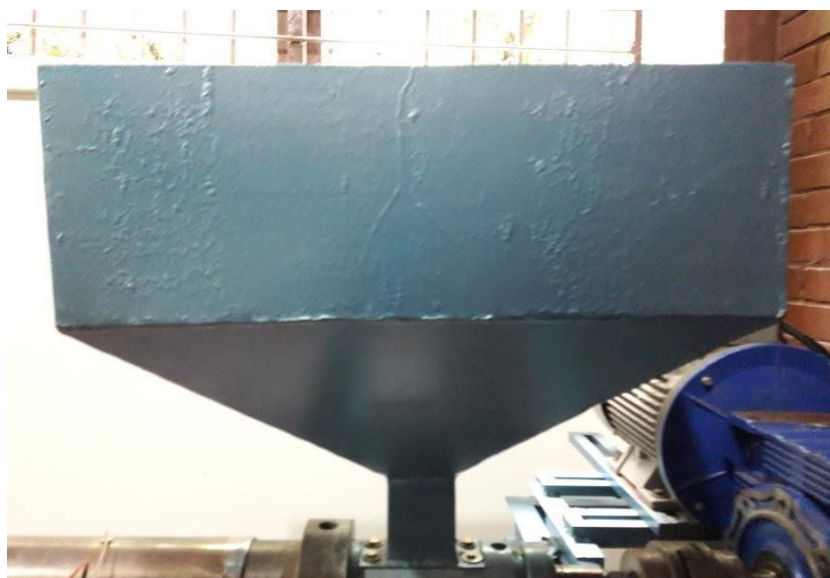


¡Estoy comprometido!

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co



Ilustración 58. Dado con preforma interna. C, Jiménez.



59 Tolva de almacenamiento, C. Jiménez.

DGS is member of:



Una universidad *incluyente* y *comprometida* con el desarrollo integral

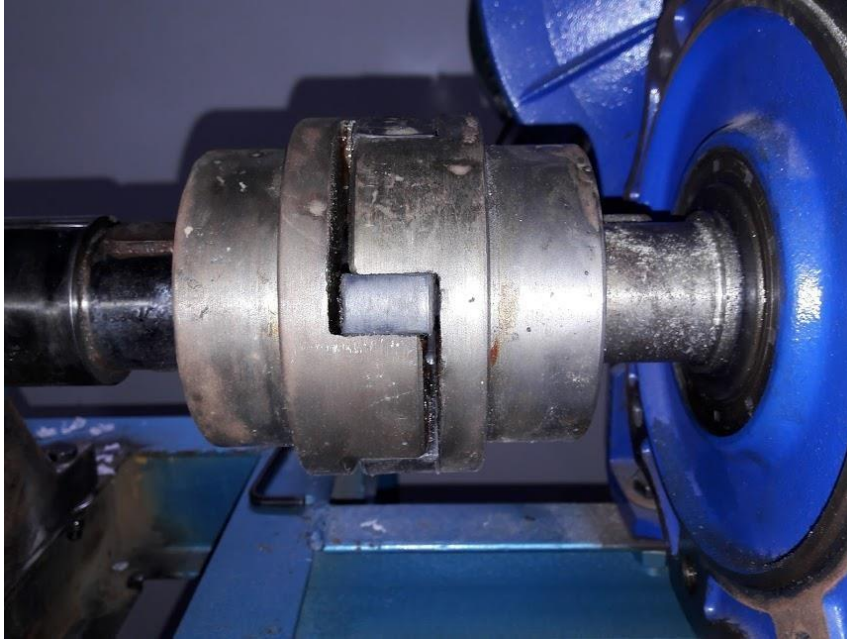
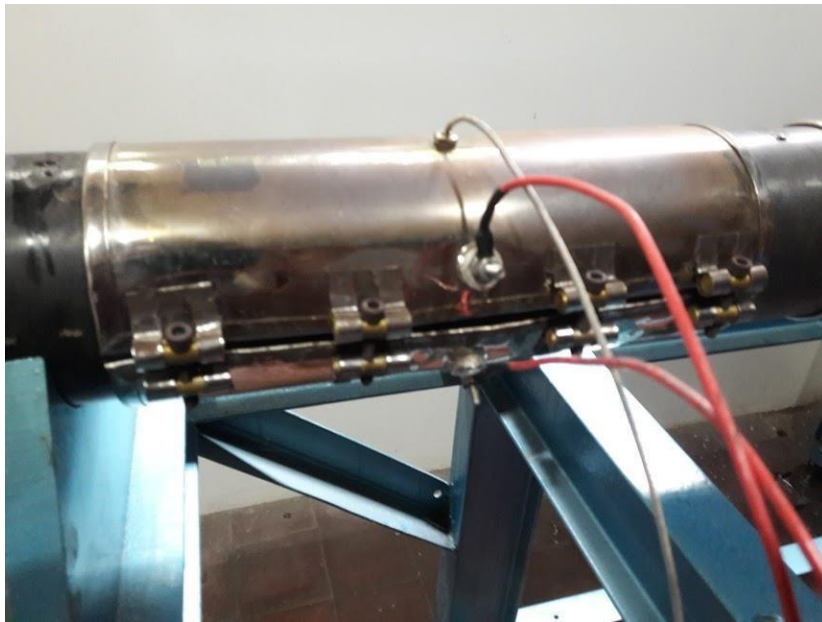


Ilustración 60 Acople tipo araña del muñón del husillo y eje del reductor. C. Jiménez



61. Resistencia tipo abrazadera. C. Jiménez.



Ilustración 62. Termocupla tipo J para censar la temperatura de la resistencia eléctrica, C, Jiménez.



63. Acople de cabezal, C. Jiménez.



Ilustración 64. Barril o cilindro extrusor. C, Jiménez.



Ilustración 65. Husillo simple de acero 4340. C. Jiménez.



Ilustración 66. Motor eléctrico Siemens de 10Hp, C. Jiménez.



67. Reductor de velocidad de relación I10, C. Jiménez.



Ilustración 68. Sistema de nivelación de la maquina extrusora, C. Jiménez



Ilustración 69. Estructura en el proceso de pintura con base anticorrosiva, C. Jiménez.



70. Tablero eléctrico para encendido de todas las maquinas.
Ilustración 71. Parte frontal del tablero eléctrico.

DQS is member of:



Una universidad *incluyente* y *comprometida* con el desarrollo integral



14. BIBLIOGRAFIA

ACHINTE, R. C. (2011). *DISEÑO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA*. SANTIAGO DE

CHILE: UNIVERSIDAD DEL VALLE.

Anguita, R. (1977). *Extrusión de plasticos*. Madrid: H. blume ediciones. .

Arangiz, I. F., & Hidalgo, J. P. (2010). *PLASTICOS*. BOGOTA: ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA.

CARDENAS, L. D., & CARDENAS, V. C. (2015). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA DESFRIBRADOR DE HOJAS Y PSEUDOTALLOS PARA OBTENER MATERIAL LIGNOCELULÓGICO A UTILIZAR COMO REFUERZO DE POLIMERO*. BOGOTA COLOMBIA: ESCUELA POLICTECNICA NACIONAL.

departamento de tecnologia. (2012). *plasticos*. bogota: 3° E.S.O.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA. (2007). *PLASTICOS PROTOCOLO*. BOGOTA : LABORATORIO DE PRODUCCION.

García, S. (2009). *REFERENCIAS HISTÓRICAS Y EVOLUCIÓN DE LOS PLÁSTICOS*. Europa España: Revista Iberoamericana de Polímeros.

GOMEZ, J. J., & BEDOYA, J. E. (2007). *DISEÑO DE UNA EXTRUSORA PARA PLASTICO*. Pereira : Escuela Tecnologica Mecanica.

IMPI. (1997). *ENCICLOPEDIA DEL PLASTICO*. MEXICO: INSTITUTO MEXICANO DEL PLASTICO INDUSTRIAL.

Maini, V. (2015). *PLÁSTICOS.MATERIALES ORGÁNICOS DE SÍNTESIS*. España: la Salle Arq. .

medioambiente. (2016, abril 29). cinco datos para entender el daño del plastico en el mundo. *EL tiempo*, p. 1.

PLASTIVIDA, C. d. (2006). Degradación de los materiales plasticos. *Entidad Técnica Profesional Especializada en Plásticos y Medio Ambiente*, 3.



Savgrodnny, v. k. (2000). *Transformación de plasticos*. Barcelona: Gustavo Gili.

TECNOLOGIA DEL PLASTICO. (2009). *PLASTICOS*. ARGENTINA: 2009.

Quintana, J. G., & Rodriguez, J. D. (2010). *Estudio de factibilidad para reciclar envases plasticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil*. GuayaquilEcuador: Universidad politencnica Salesiana.

Trullás Resistencias Eléctricas. (2016). *RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES*. Barcelona: SANT JOAN DESPÍ.

villegas, a. a. (2007). *reconstruccion y reconversion de una maquina de extrusion soplado para el laboratorio de procesamiento de plasticos*. Bogota : Escuela colombiana de ingenieria. .

WWW.WEG.NET. (2010). *Guia de especificaciones de motores electricos*. Alemania : Grupo weg.

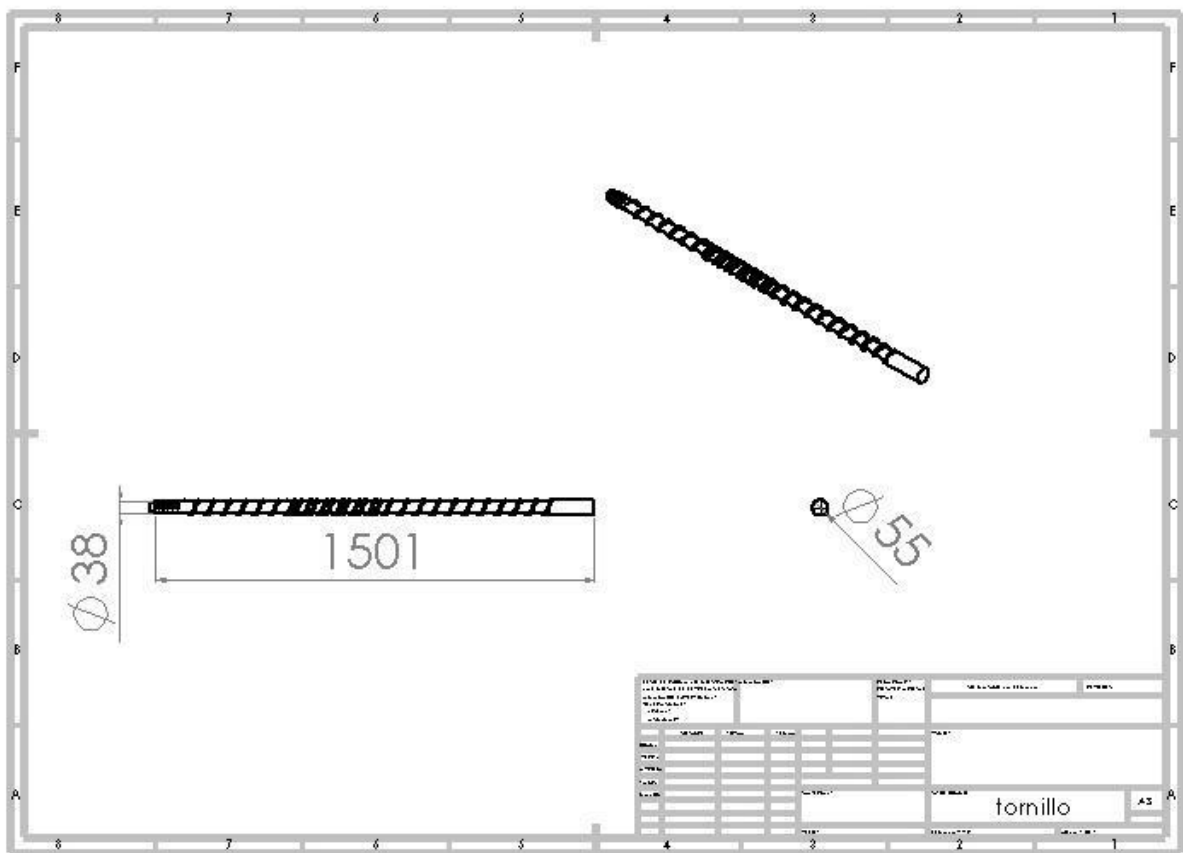
DGS is member of:





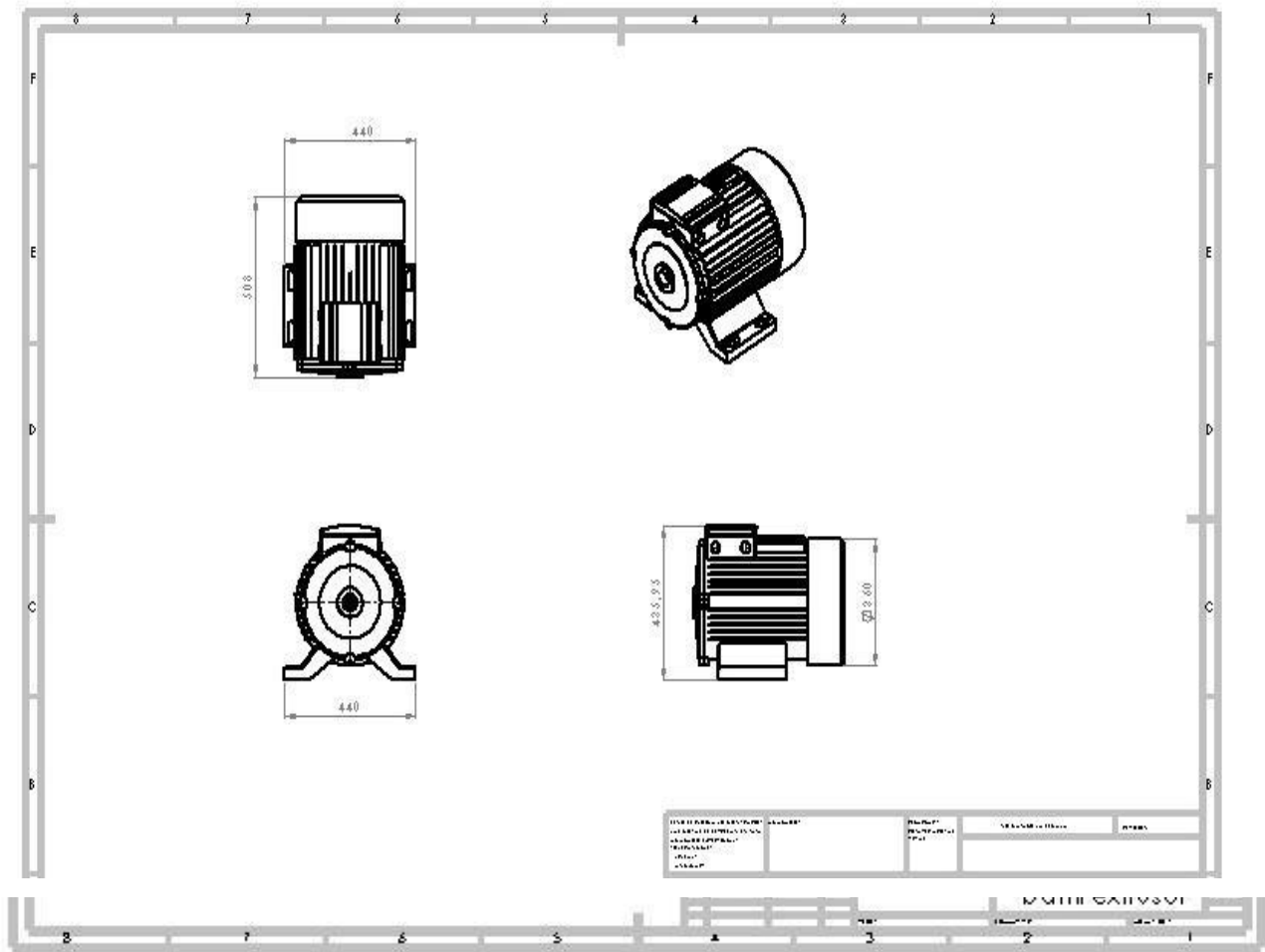
15. ANEXOS

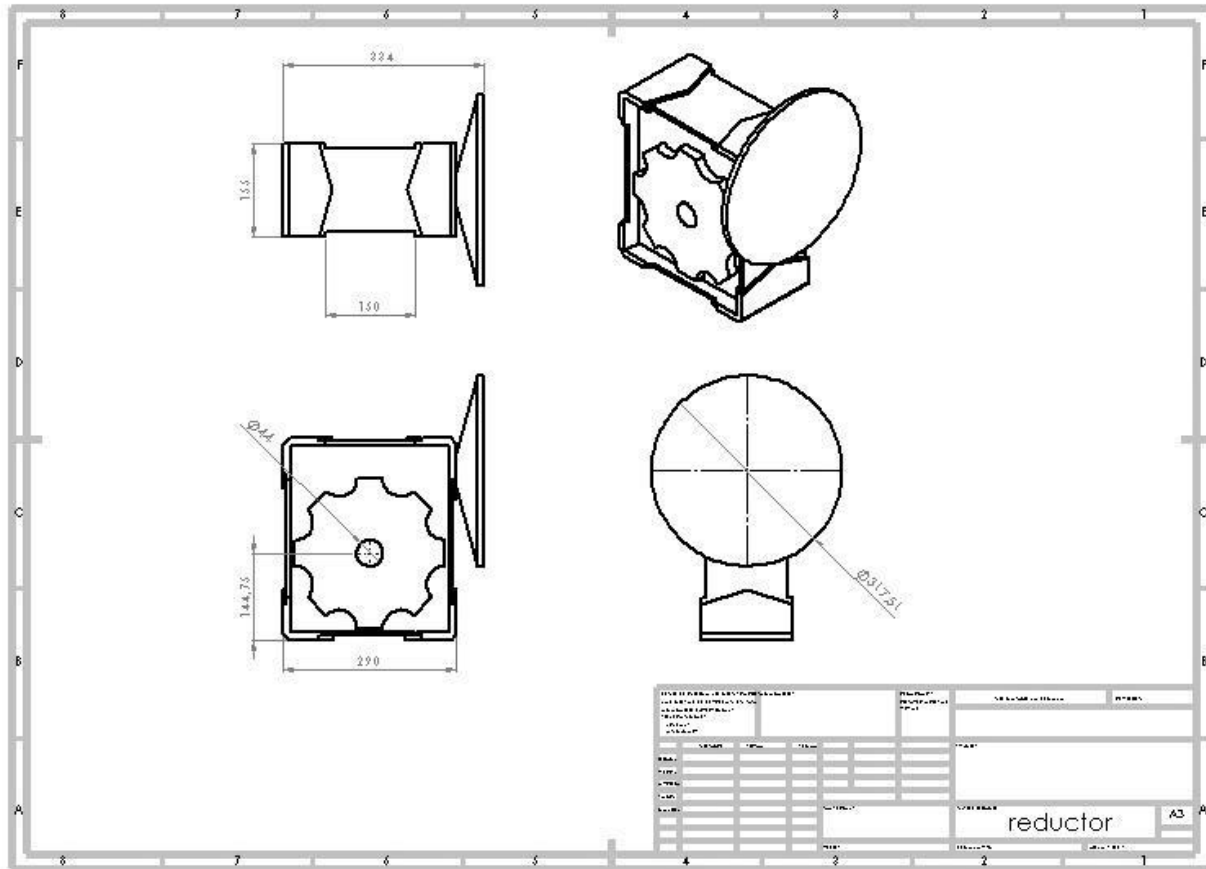
PLANOS DE LOS COMPONENTES DE LA EXTRUSORA DE PLASTICO ANEXO 1 PLANO HUSILLO EXTRUSOR





ANEXO 4. PLANO DE MOTOR ELECTRICO





BD	AJ	AK	AH	BB	Cant.	BF diam
6.58	5.875	4.5	1.85	0.16	4	3/8"-16NC

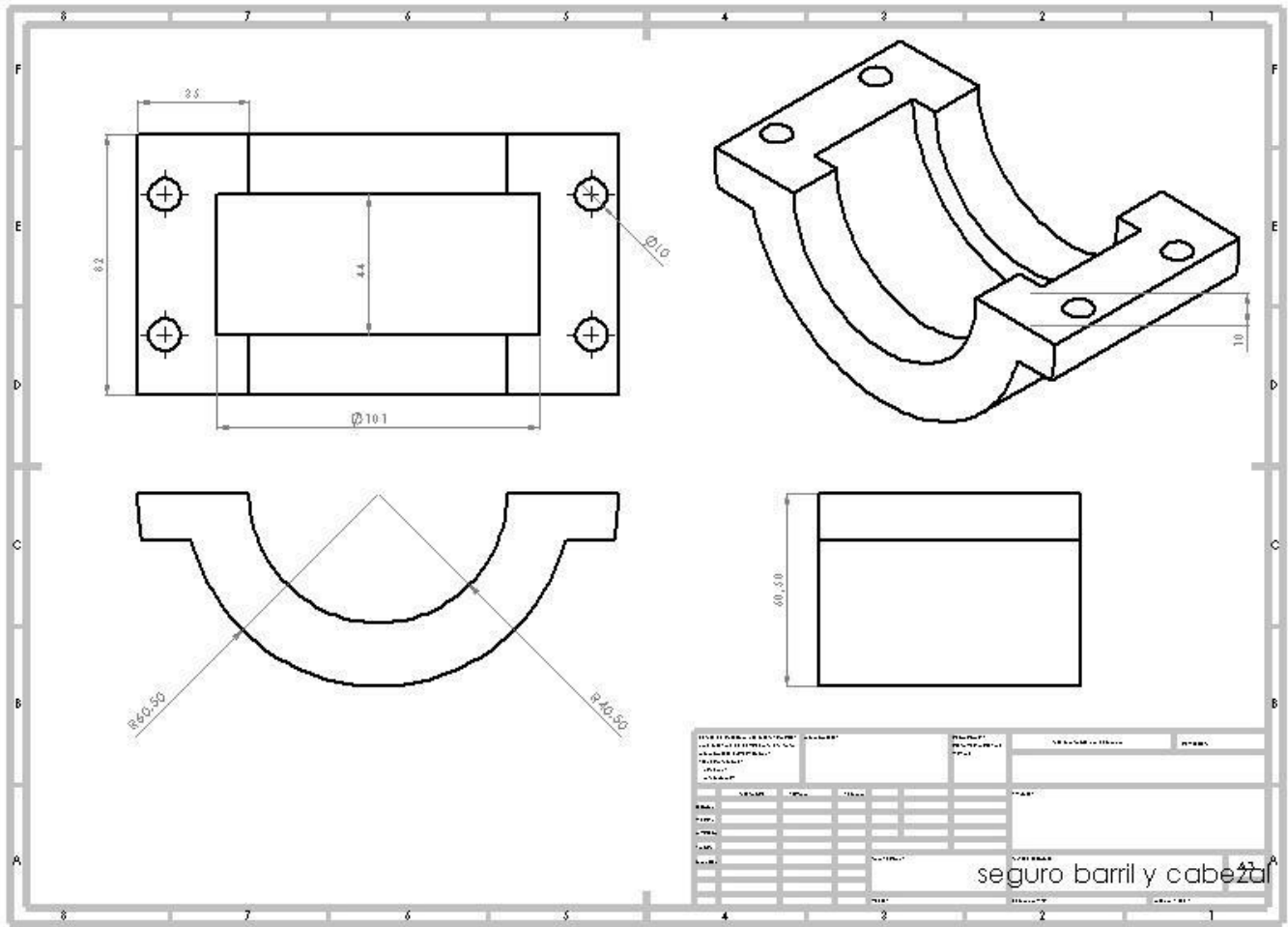
S	R	C	D	2E	2F	BA	N-W	O	P	AB	U	AC	H	B	K	R-0.015	G	J	A	AA	ES
3/16	0.517	9.17	3.0	4.24	2.75	1.74	1.88	5.91	5.82	4.76	0.625	3.7	0.34	4.17	1.46	0.517	0.39	1.48	5.7	0.87	1.41

35

ANEXO 5. PLANO DE REDACTOR DE VELOCIDAD.



ANEXO 7. PLANO DEL ACOPLE



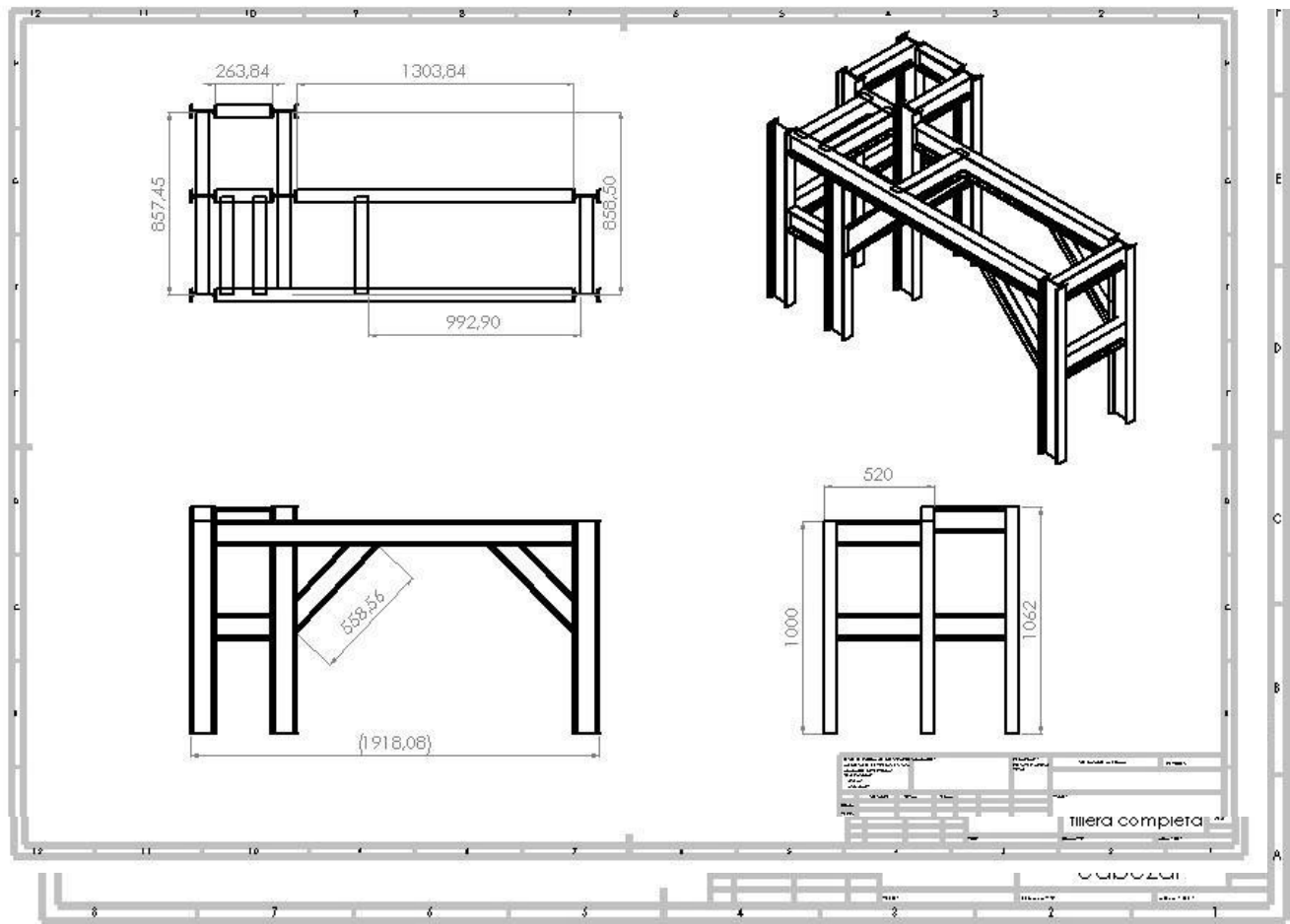
3 z 5

DQS is member of:





ANEXO 10. PLANO DE LA ESTRUCTURA METALICA (BASE)

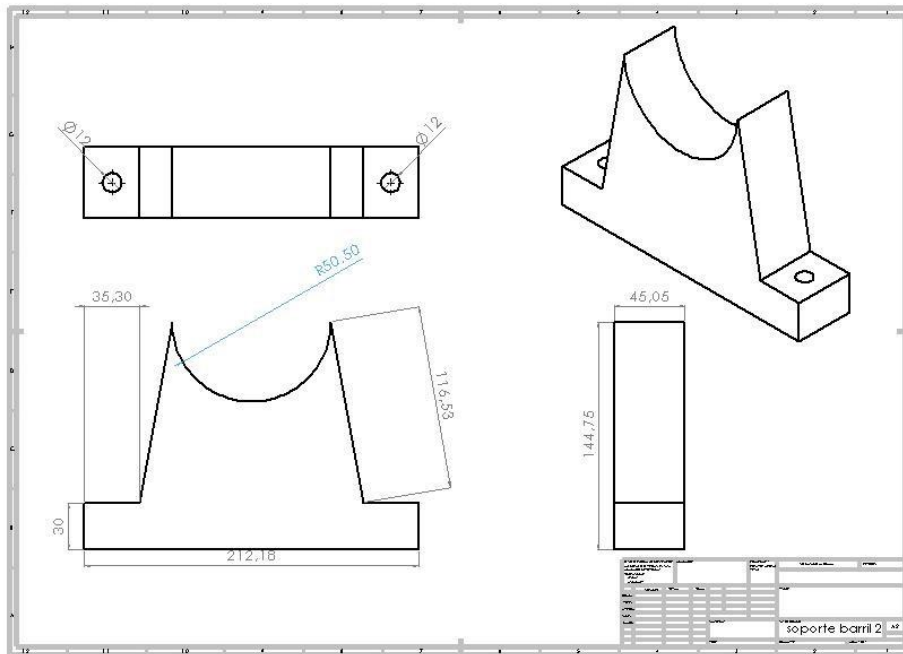
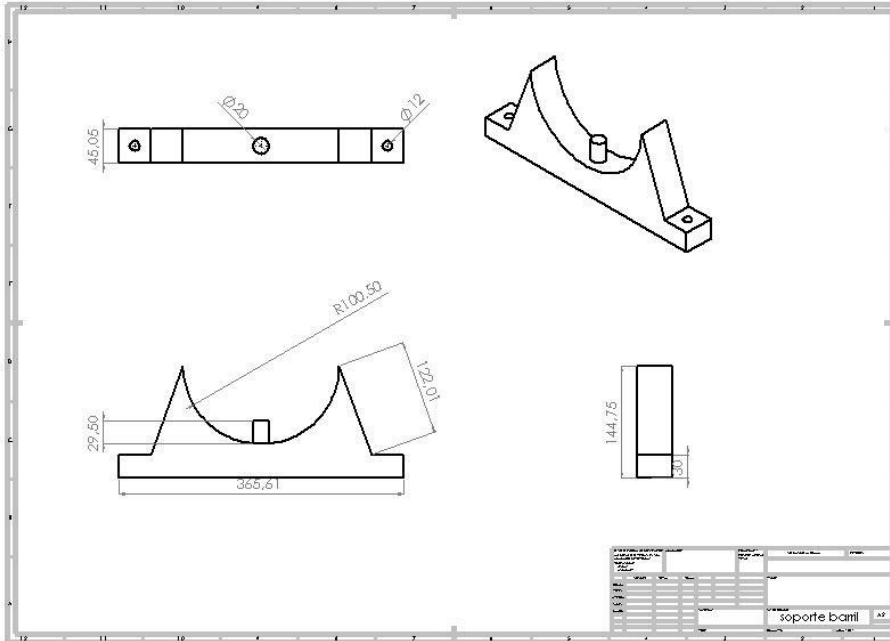


DGS is member of:





ANEXO 11. PLANO DE SOPORTE



DQS is member of:





¡Estoy comprometido!

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co

ANEXO 12 FICHA TECNICA DE NS 160 SCHNEIDER



DQS is member of:



Una universidad *incluyente* y *comprometida* con el desarrollo integral



Compact NS interruptores termomagnéticos para redes de baja tensión.

		NS100			NS160			NS250			NS400			NS630					
Número de polos		2,3,4			2,3,4			2,3,4			3,4			3,4					
Características eléctricas según IEC 947-2 y EN 60947-2																			
Corriente nominal (A) I_n 40°C		100			160			250			400			630					
Tensión nominal de aislamiento (V) U_i		750			750			750			750			750					
Tensión de choque (KV) U_{imp}		8			8			8			8			8					
Tensión nominal (V) U_e CA 50/60 Hz		690			690			690			690			690					
		N	H	L	N	H	L	N	H	L	N	H	L	N	H	L			
Poder último de corte (kA rms) I_{cu} CA 50/60 Hz		220/240 V			85	100	150	85	100	150	85	100	150	85	100	150	85	100	150
		380/415 V			25	70	150	36	70	150	36	70	150	45	70	150	45	70	150
		440/480 V			20	65	130	35	65	130	35	65	130	42	65	130	42	65	130
		500/525 V			18	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
		660/690 V			8	10	20	8	10	20	8	10	20	10	20	35	10	20	35
Poder de corte en servicio I_{cs} (% I_{cu})		100%			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Apto para seccionamiento		■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Categoría de utilización		A			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Protección																			
Protección contra sobrecorrientes		Unidades intercambiables			■			■			■			■					
		Ajustes de corriente min/máx			12.5/100			12.5/160			12.5/250			160/400			250/630		
Protección de falla a tierra		Módulo Vigi opcional			■			■			■			■					
		Alto umbral (unids. electrónicas)			■			■			■			■					
Instalación y conexión																			
Fija/frontal		■			■			■			■			■					
Fija/trasera		■			■			■			■			■					
Enchufable (en base)		■			■			■			■			■					
Extraíble (en chasis)		■			■			■			■			■					
Indicación y Medición																			
Funciones relacionadas con unidades electrónicas		Indicación de carga local			■			■			■			■					
		remota			■			■			■			■					
		Indicación de falla			■			■			■			■					
		Comunicación			■			■			■			■					
Indicador de presencia de voltaje		■			■			■			■			■					
Módulo de medición de corriente		■			■			■			■			■					
Módulo monitor de aislamiento		■			■			■			■			■					
Funciones de control																			
Mando rotatorio lago o corto		■			■			■			■			■					
Contactos auxiliares		■			■			■			■			■					
Motor operador		■			■			■			■			■					
Enclavamiento eléctrico y mecánico		■			■			■			■			■					
Dimensiones																			
Dimensiones W x H x D (mm)		3p			105 x 161 x 86						140 x 255 x 110								
Peso (kg)					1,6 a 1,9						6								



ANEXO 13. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL BREAKER

Technical Characteristics

Horsepower Rating (1-Phase)	2HP@115VAC - 3HP@230VAC
Maximum Voltage Rating	600VAC
Mounting Type	Panel
Number of Poles	3-Pole
Starter Type	Non-Reversing
Thermal Trip Setting	20A to 25A
Type	GV2
Horsepower Rating (3-Phase)	5HP@200VAC - 7.5HP@230VAC - 15HP@460VAC - 20HP@575VAC
Marketing Trade Name	TeSys
Operator Type	Pushbutton
Overload Type	Ambient Compensated Bimetallic (Class 10)
Interrupt Rating	Standard
Terminal Type	Screw Clamp
Approvals	UL Listed File Number: E164864 NLRV - CSA Certified File Number: LR81630 Class: 3211 05 - CE Marked

Shipping and Ordering

Category	22367 - Protectors, Starter, Manual, Type GV2
Discount Schedule	I11
GTIN	00785901212034
Package Quantity	1
Weight	0.64 lbs.
Availability Code	Stock Item: This item is normally stocked in our distribution facility.
Returnability	Y
Country of Origin	FR

DQS is member of:





BREAKER GV2ME22, COMPONENTE ELECTRICO DE LA EXTRUSORA DE PLASTICO.



¡Estoy comprometido!

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co



VELOCIDAD DE GIRO CON POTENCIOMETRO.

DGS is member of:



Una universidad *incluyente* y *comprometida* con el desarrollo integral



ANEXO 15. FICHA TECNICA CONTROLADORES TCN4S

Series		TC4 series						
		TC4S	TC4SP	TC4Y	TC4M	TC4H	TC4W	TC4L
Power supply		100–240VAC 50/60Hz						
Allowable voltage range		90–110% of rated voltage						
Power consumption		Max. 5VA						
Display method		7Segment(Red) , Other display(Green , Yellow , Red LED)						
Character size	H	15.0mm	15.0mm	20.0mm	14.6mm	20.0mm	22.0mm	
	W	7.0mm	7.4mm	9.5mm	7.0mm	9.5mm	11.0mm	
Input type	RTD	DIN Pt100Ω (Allowable line resistance max.5Ω per a wire)						
	TC	K(CA), J(IC)						
Display method	TC	(*) (PV ±0.5% or ±1°C higher one) rdg ±1Digit						
	RTD	(*) TC4SP (Plug type) is (PV ±0.5% or ±2°C higher one) rdg ±1Digit ⇨Based on normal temperature(23°C ±5°C)						
Output	Relay	250VAC 3A 1a						
	SSR	12VDC ±2V 20mA Max.						
	Sub	AL1, AL2 relay output : 250VAC 1A 1a(*TC4SP, TC4Y have AL1 only.)						
Control method		ON/OFF and P, PI, PD, PID control						
Hysteresis		1 – 100°C (KCA, JIC, PT1) / 0.1 – 50.0°C (PT2)						
Proportional band		0.1 – 999.9°C						
Integral time(I)		9999sec.						
Derivative time(D)		9999sec.						
Control period		0.5 – 120.0sec.						
Manual reset		0.0 – 100.0%						
Sampling period		100ms.						
Dielectric strength		2000VAC 50/60Hz for 1min. (Between input terminal and power terminal)						
Vibration		0.75mm amplitude at frequency of 5–55Hz in each X, Y, Z directions for 2 hours						
Relay life cycle	Mechanical	Min. 10,000,000 operations						
	Malfunction	Min. 100,000 operations (at 250VAC 3A resistive load)						
Insulation resistance		Min. 100MΩ (at 500VDC)						
Noise		Square shaped noise by noise simulator(pulse width 1μs) ±2kV R-phase and S-phase						
Memory retention		Approx. 10 years (When using non-volatile semiconductor memory type)						
Ambient temperature		–10 – 50°C (at non-freezing status)						
Storage temperature		–20 – 60°C (at non-freezing status)						
Ambient humidity		35 – 85%RH						
Unit weight		Approx. 97g	Approx. 84g	Approx. 127g	Approx. 127g	Approx. 118g	Approx. 118g	Approx. 172g
Approval								





Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co



DGS is member of:



Una universidad *incluyente* y *comprometida* con el desarrollo integral