

DISEÑO DE UN PROCESO PRODUCTIVO INTEGRAL PARA EL RECICLAJE DE  
PLÁSTICOS EN EL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA EN LA UNIVERSIDAD LIBRE

KELLY JOHANA DÍAZ TEJEDA  
CAMILO ANDRÉS RONDÓN SABOGAL

UNIVERSIDAD LIBRE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2013

DISEÑO DE UN PROCESO PRODUCTIVO INTEGRAL PARA EL RECICLAJE DE  
PLÁSTICOS EN EL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA EN LA UNIVERSIDAD LIBRE

KELLY JOHANA DÍAZ TEJEDA  
CAMILO ANDRÉS RONDÓN SABOGAL

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial

Director de Proyecto  
Ramón Cubaque Mendoza  
Ingeniero Industrial

UNIVERSIDAD LIBRE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2013

Nota de aceptación:

El trabajo de grado titulado “Diseño de un proceso productivo integral para el reciclaje de plásticos en el laboratorio de producción de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Libre”, realizado por los estudiantes Kelly Johana Díaz Tejeda y Camilo Andrés Rondón Sabogal con códigos 062052508 y 062052608 respectivamente, cumple con todos los requisitos legales exigidos por la Universidad Libre para optar el título de Ingeniero Industrial.

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá D.C., 04 de febrero de 2013

A Dios por darnos la sabiduría  
y las herramientas para desarrollar este  
trabajo y a nuestras madres Marlene y  
Nancy, a quienes les debemos todo  
y siempre fueron nuestros soportes e  
inspiración.



## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A la Universidad Libre sede Bosque Popular, Bogotá, por su incontable apoyo en el proceso investigativo y su valioso interés en crear las fuentes de conocimiento que contribuyen al desarrollo de Profesionales Integrales.

Al Ing. René Silva, Decano de la Facultad de Ingeniería, quien siempre mostró el mayor entusiasmo y positivismo durante el desarrollo de este proyecto; motivando siempre a los investigadores en el logro de los objetivos. Por el aporte de su preciado conocimiento y experiencia como carta de navegación en la puesta en marcha de esta fuente de conocimiento.

Al Ing. Ever Fuentes, Director del Programa de Ingeniería Industrial, quien fue parte fundamental en la recolección de información que nos permitió plasmar en este documento los avances que alcanzamos en materia investigativa.

A nuestro Director de Proyecto, Ing. Ramón Cubaque, generoso docente y profesional, que siempre fue ejemplo de amor, honestidad e integridad; aportando con su saber en la metodología y revisión general y detallada de esta investigación.

Al personal administrativo y docente de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Libre en su Sede Bosque Popular, especialmente a Gloria, secretaria de los Departamentos de Ingeniería Industrial y Ambiental, quien con su cariño y ternura siempre nos mostró que con perseverancia y pasión se puede alcanzar cualquier sueño que nos acompañe, como la finalización de este proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>20</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>22</b>
<b>1. GENERALIDADES</b> .....	<b>24</b>
<b>1.1 PROBLEMA</b> .....	<b>24</b>
1.1.1. Descripción del problema. ....	24
1.1.2. Formulación del problema. ....	26
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	<b>26</b>
1.2.1. Objetivo general. ....	26
1.2.2. Objetivos específicos.....	26
<b>1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>27</b>
<b>1.4 METODOLOGÍA</b> .....	<b>27</b>
1.4.1. Tipo de investigación.....	28
1.4.2. Cuadro metodológico. ....	28
1.4.3. Marco legal y normativo.....	30
<b>1.5 MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>32</b>
1.5.1. Antecedentes.....	33
1.5.2. Presentación de la Universidad Libre. ....	35
1.5.3. Marco Teórico.....	41
1.5.4. Marco Conceptual. ....	56
<b>2. EVALUAR LA SITUACIÓN ACTUAL DEL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN, DE ACUERDO A LAS NECESIDADES PEDAGÓGICAS DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b> .....	<b>59</b>

<b>2.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL SECTOR.....</b>	<b>59</b>
2.1.1. Universidad Nacional de Colombia.....	63
2.1.2. Universidad de los Andes.....	63
2.1.3. EAFIT – Medellín.....	64
2.1.4. Universidad Central.....	64
2.1.5. Pontificia Universidad Javeriana.....	64
2.1.6. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.....	65
<b>2.2 SITUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD LIBRE.....</b>	<b>69</b>
2.2.1. Inventario.....	69
2.2.2. DOFA .....	70
2.2.3. Estadísticas de uso. ....	82
2.2.4. Estadísticas de preferencia. ....	93
2.2.5. Planta física del laboratorio de procesos industriales.....	103
<b>3. DEFINIR EL PROCESO PRODUCTIVO INTEGRAL QUE CUMPLA CON LAS NECESIDADES DETECTADAS .....</b>	<b>105</b>
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....</b>	<b>105</b>
3.1.1. Simbología utilizada. ....	106
3.1.2. Subproceso elaboración empaque de alimentos.....	107
3.1.3. Subproceso elaboración de piezas plásticas.....	111
3.1.4. Subproceso reciclaje de residuos plásticos provenientes de la extrusión, inyección y termosellado.....	114
<b>3.2 FORMULACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....</b>	<b>116</b>
3.2.1. Diagrama de Actividades.....	116
<b>3.3 DIAGRAMA DE RECORRIDO EN PLANTA .....</b>	<b>122</b>

<b>4. REALIZAR EL ESTUDIO TÉCNICO QUE ABARCA LA INGENIERÍA BÁSICA DEL PRODUCTO Y DEL PROCESO PRODUCTIVO .....</b>	<b>125</b>
<b>4.1 ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....</b>	<b>125</b>
4.1.1. Ficha técnica del polietileno de baja densidad (PEBD). .....	125
4.1.2. Ficha técnica del Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD). .....	127
4.1.3. Ficha técnica del polietileno de alta densidad (PEAD). .....	128
4.1.4. Ficha técnica del polietileno lineal metalocénico (PELM). .....	130
4.1.5. Ficha técnica del Polipropileno (PP). .....	131
<b>4.2 ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE LA MAQUINARIA Y EQUIPOS.....</b>	<b>132</b>
4.2.1. Proceso de extrusión. ....	132
4.2.2. Proceso de inyección. ....	133
<b>4.3 DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO.....</b>	<b>141</b>
<b>4.4 PROTOCOLO DE TRABAJO SEGURO.....</b>	<b>143</b>
4.4.1. Objetivo .....	143
4.4.2. Alcance.....	143
4.4.3. Herramientas de equipo y de trabajo.....	143
4.4.4. Responsabilidades. ....	143
4.4.5. Descripción de la actividad. ....	144
4.4.6. Control de modificaciones. ....	148
<b>4.5. PLAN FINANCIERO DEL LABORATORIO.....</b>	<b>148</b>
4.5.1. Discriminación de la inversión. ....	149
4.5.2. Flujo de operaciones. ....	149
4.5.3. Flujo de fondos del proyecto.....	150
4.5.4. Indicadores de rentabilidad del proyecto. ....	150
4.5.5. Tabla de amortización del crédito.....	151
4.5.6. Flujo de fondos del inversionista. ....	151
4.5.7. Indicadores de rentabilidad del inversionista.....	151

4.5.8.	Análisis y conclusiones de la evaluación financiera. ....	152
<b>4.6</b>	<b>PLAN DE TRABAJO. ....</b>	<b>153</b>
<b>5.</b>	<b>SIMULACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO EN PROMODEL .....</b>	<b>156</b>
<b>5.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, CONSTRUCCIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LA SIMULACIÓN .....</b>	<b>157</b>
5.1.1	Descripción del proceso.....	157
5.1.2	Construcción de la simulación.....	158
5.1.3	Documentación de la simulación.....	159
<b>6.</b>	<b>REALIZAR INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO AL PLAN DE ESTUDIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA.....</b>	<b>168</b>
<b>7.</b>	<b>FORMULAR RECOMENDACIONES QUE PERMITAN DARLE UN ADECUADO MANEJO AL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN EN EL CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO .....</b>	<b>186</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>189</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>192</b>
	<b>INFOGRAFÍA .....</b>	<b>195</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>196</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Cuadro metodológico.....	28
Tabla 2. Oferta educativa Facultad de Ingeniería.....	41
Tabla 3. Etapas generales del reciclaje de plásticos.....	42
Tabla 4. Procesos de reciclaje.....	43
Tabla 5. Procesos de transformación de plástico.....	45
Tabla 6. Maquinaria empleada en proceso de transformación del plástico.....	46
Tabla 7. Procesos de conversión de plásticos.....	50
Tabla 8. Plásticos más representativos en la era del siglo XX.....	52
Tabla 9. Inventario laboratorio de procesos industriales - plásticos.....	70
Tabla 10. Resumen Análisis DOFA – Debilidades y Fortalezas.....	70
Tabla 11. Resumen Análisis DOFA – Oportunidades y Amenazas.....	72
Tabla 12. Convenciones horas.....	84
Tabla 13. Convenciones tipos de laboratorio.....	86
Tabla 14. Utilización celda de manufactura.....	92
Tabla 15. Datos para definición tamaño de la muestra.....	95
Tabla 16. Convención grado satisfacción estudiantes.....	99
Tabla 17. Convenciones condiciones laboratorios.....	100
Tabla 18. Convención.....	102
Tabla 19. Convención beneficios de las prácticas.....	102
Tabla 20. Simbología diagrama de flujo.....	106
Tabla 21. Simbología diagrama de recorrido actividades.....	107
Tabla 22. Caracterización transformación del plástico en la extrusora.....	109
Tabla 23. Caracterización de conversión del plástico con termosellado.....	110
Tabla 24. Caracterización de transformación del plástico en la Inyectora.....	113
Tabla 25. Caracterización del reciclaje de residuos plásticos.....	115
Tabla 26. Diagrama de actividades del proceso de extrusión.....	118
Tabla 27. Diagrama de actividades del proceso de inyección.....	120

Tabla 28. Simbología diagrama de recorrido actividades .....	122
Tabla 29. Ficha Técnica del PEBD .....	126
Tabla 30. Ficha Técnica del PELBD .....	127
Tabla 31. Ficha Técnica del PEAD .....	128
Tabla 32. Ficha Técnica del PELM .....	130
Tabla 33. Ficha Técnica del PP .....	131
Tabla 34. Ficha técnica de la extrusora .....	135
Tabla 35. Ficha técnica de la inyectora.....	136
Tabla 36. Ficha técnica de la termoselladora .....	137
Tabla 37. Ficha técnica de la aglutinadora .....	138
Tabla 38. Ficha técnica del molino.....	139
Tabla 39. Ficha técnica de la peletizadora.....	140
Tabla 40. Lista de verificación del protocolo de trabajo seguro .....	146
Tabla 41. Control de modificaciones del protocolo de trabajo seguro .....	148
Tabla 42. Flujo de inversiones del laboratorio .....	149
Tabla 43. Flujo de operaciones.....	150
Tabla 44. Flujo de operaciones.....	150
Tabla 45. Indicadores de rentabilidad .....	150
Tabla 46. Amortización del crédito.....	151
Tabla 47. Flujo de fondos del inversionista.....	151
Tabla 48. Indicadores de rentabilidad del inversionista .....	152
Tabla 49. Plan de trabajo del laboratorio .....	154
Tabla 50. Descripción general del proceso.....	157
Tabla 51. Resumen fichas técnicas máquinas y equipos .....	159
Tabla 52. Descripción de producto terminado .....	159
Tabla 53. Materia prima disponible en almacén .....	160
Tabla 54. Matriz de integración del laboratorio a la malla curricular .....	170

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>pág.</b>
Gráfica 1. Participación por tipo de hora 2010-1	83
Gráfica 2. Participación por tipo de hora 2010-2	83
Gráfica 3. Participación por tipo de hora 2011-1	83
Gráfica 4. Participación por tipo de hora 2011-2	83
Gráfica 5. Participación por programa 2010-1	84
Gráfica 6. Participación por programa 2010-2	84
Gráfica 7. Participación por programa 2011-1	85
Gráfica 8. Participación por programa 2011-2	85
Gráfica 9. Participación de cada laboratorio 2010-1	86
Gráfica 10. Participación de cada laboratorio 2010-2	86
Gráfica 11. Participación de cada laboratorio 2011-1	87
Gráfica 12. Participación de cada laboratorio 2011-2	87
Gráfica 13. Participación por Asignatura Industrial 2010-1	88
Gráfica 14. Participación por Asignatura Industrial	88
Gráfica 15. Participación por Asignatura Industrial 2011-1	88
Gráfica 16. Participación por Asignatura Industrial	88
Gráfica 17. Participación por tipo de asignatura Investigación en laboratorio de Lúdica 2012-2	91
Gráfica 18. Horas de utilización laboratorio de celda de manufactura de 2011 a 2012	93
Gráfica 19. Participación de estudiantes por laboratorio	96
Gráfica 20. Tendencia de uso por semestre	97
Gráfica 21. Participación semestral por laboratorio	97
Gráfica 22. Motivación de estudiantes para asistir a los laboratorios	98
Gráfica 23. Grado de satisfacción estudiantes por servicios de laboratorios	100
Gráfica 24. Percepción de estudiantes frente a condiciones de laboratorios	101
Gráfica 25. Percepción beneficios de las prácticas de laboratorios	103



## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Espina de pescado	25
Figura 2. Diagrama de flujo subproceso elaboración de empaque para alimentos con extrusión y termosellado	108
Figura 3. Diagrama de flujo subproceso elaboración de piezas plásticas con Inyección	112
Figura 4. Diagrama de recorrido en planta	123
Figura 5. Diagrama de distribución de la planta	142
Figura 6. Vista general del laboratorio en la simulación	160
Figura 7. Vista general del laboratorio en la simulación	161
Figura 8. Construcción de locaciones en simulación	162
Figura 9. Construcción de entidades en la simulación	162
Figura 10. Construcción del proceso en la simulación	163
Figura 11. Simulación en marcha	164
Figura 12. Reporte de locaciones	165
Figura 13. Reporte de locaciones múltiples	166
Figura 14. Reporte de locaciones singulares.	166
Figura 15. Reporte de actividad de entidades.	167

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. INVENTARIO DEL LABORATORIO	197
ANEXO B. ORGANIGRAMA LABORATORIOS FACULTAD DE INGENIERÍA	211
<b>ANEXO C. ESTADÍSTICAS DE USO LABORATORIOS FACULTAD DE INGENIERÍA</b>	<b>212</b>
ANEXO D. FORMATO DE ENCUESTA APLICADA A LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	218
ANEXO E. ESTUDIANTES MATRICULADOS EN EL PERÍODO 2012-1 EN INGENIERÍA INDUSTRIAL	219
ANEXO F. TAMAÑO DE LA MUESTRA	220
ANEXO G. TABULACIÓN ENCUESTA APLICADA A LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA	221
ANEXO H. REGISTRO FOTOGRÁFICO LABORATORIO DE FUNDICIÓN	228
ANEXO I. COTIZACIÓN TECLINK LTDA	238
ANEXO J. ENTREVISTA DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA	253
ANEXO K. ESTADÍSTICAS LABORATORIO PRODUCCIÓN LÚDICA (AGREGAR A LA LISTA DE ANEXOS)	256
ANEXO L. GUÍA DE LABORATORIO DE EXTRUSIÓN TECLINK	258
ANEXO M. ESTUDIO FINANCIERO PROYECTO LABORATORIO PLÁSTICO	262

## GLOSARIO

**Control de calidad<sup>1</sup>:** Proceso seguido por una empresa de negocios para asegurarse de que sus productos o servicios cumplen con los requisitos mínimos de calidad establecidos por la propia empresa. Con la política de gestión (o administración) de calidad óptima (GCO) toda la organización y actividad de la empresa está sometida a un estricto control de calidad, ya sea de los procesos productivos como de los productos finales.

**Extrusión<sup>2</sup>:** Hace referencia a cualquier operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante y, en principio, longitud indefinida. Además de los plásticos, muchos otros materiales se procesan mediante extrusión, como los metales, cerámicas o alimentos, obteniéndose productos muy variados como son marcos de ventanas de aluminio o PVC, tuberías, pastas alimenticias, etc. Desde el punto de vista de los plásticos, la extrusión es claramente uno de los procesos más importantes de transformación. El proceso de extrusión de plásticos se lleva a cabo en máquinas denominadas extrusoras o extrusores. Aunque existen extrusoras de diversos tipos, las más utilizadas son las de tornillo o de husillo simple, por lo que se hará referencia a ellas continuamente.

**Inyección<sup>3</sup>:** El proceso de inyección es discontinuo, y es llevado totalmente por una sola máquina llamada inyectora con su correspondiente equipo auxiliar o periférico. El proceso de inyección consiste básicamente en: 1) plastificar y homogenizar con ayuda de calor el material plástico que ha sido alimentado en la tolva y el cual entrará por la garganta del cilindro, 2) inyectar el material fundido

---

<sup>1</sup> ZEITHALM, V.A. Consumer Perceptions of Price, Quality and Value: A Means-End Model and Synthesis of Evidence. *Journal of Marketing*. 1988. p.3.

<sup>2</sup> ANGUITA, Ramón, "Extrusión de Plásticos" H. Blume Ediciones, Madrid, 1977.

<sup>3</sup> Tomado de: <http://www.jorplast.com.br/cbipep/cbip1ep.html>. Manuales de inyección. Fecha de consulta: 29 de Enero de 2013.

por medio de presión en las cavidades del molde, del cual tomará la forma o figura que tenga dicho molde y 3) en el tiempo en el que el plástico se enfría dentro del molde se está llevando a cabo el paso "1", posteriormente se abre el molde y expulsa la pieza moldeada.

**Normas<sup>4</sup>:** Reglas o reglamentos que delimitan y aseguran el cumplimiento de los procedimientos; son órdenes directas y objetivas respecto del curso de acción que va a seguirse.

**Polietileno de alta densidad<sup>5</sup>:** Es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos (Como el polipropileno), o de los polietilenos. Su fórmula es  $(CH_2=CH_2)_n$ . Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como HDPE (Por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) o PEAD (Polietileno de alta densidad). Este material se utiliza, entre otras cosas, para la elaboración de envases plásticos desechables.

**Polietileno de baja densidad<sup>6</sup>:** Es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos, como el polipropileno y los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como LDPE (Por sus siglas en inglés, Low Density Polyethylene) o PEBD, polietileno de baja densidad.

**Polietileno lineal de baja densidad<sup>7</sup>:** Material plástico consistente en moléculas distribuidas en columnas lineales de polietileno, las cuales presentan enlaces o insertos de pequeños grupos alquilo en intervalos al azar. Estos materiales son producidos por la copolimerización de etileno con alquenos. Se lo conoce por las siglas: PELBD.

---

<sup>4</sup> CHIAVENATO Idalberto. Introducción a la teoría general de la administración, Séptima edición, 2006. p. 145.

<sup>5</sup> ESCUDERO Acevedo, Mario. Tesis Doctoral: Estudio de la influencia de las ramificaciones en la Degradación de copolímeros de etileno alfa-olefinas Metalocénicos. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ciencia de los Materiales. Universidad de Chile. 2007. P. 5.

<sup>6</sup> *Ibid.*, P.6.

<sup>7</sup> *Ibid.*, P.7.

**Polipropileno<sup>8</sup>:** Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (Propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

**Proceso productivo<sup>9</sup>:** Un proceso de producción es un sistema de acciones que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica y que se orientan a la transformación de ciertos elementos. De esta manera, los elementos de entrada (Conocidos como factores) pasan a ser elementos de salida (Productos), tras un proceso en el que se incrementa su valor. Cabe destacar que los factores son los bienes que se utilizan con fines productivos (Las materias primas). Los productos, en cambio, están destinados a la venta al consumidor o mayorista.

**Protocolo de trabajo seguro<sup>10</sup>:** Descripción detallada sobre cómo proceder para desarrollar una tarea de manera correcta y segura.

**Reciclaje<sup>11</sup>:** Es un proceso fisicoquímico o mecánico o trabajo que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado (Basura), a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto. También se podría definir como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida y se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales, macro económico y para eliminar de forma eficaz los desechos de los humanos que no necesitamos.

---

<sup>8</sup> *Ibíd.*, P.8.

<sup>9</sup> Tomado de: <http://definicion.de/proceso-de-produccion/>. Fecha de consulta: 29 de Enero de 2013.

<sup>10</sup> ELÉCTRICA SANTIAGO. Desnitrificador SCR para la caldera del ciclo Combinado de central nueva renca. Santiago de Chile. 2009. P.3.

<sup>11</sup> ACKERMAN, Frank. *Why Do We Recycle?: Markets, Values, and Public Policy*. Island Press. 1997.

## RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene por objetivo diseñar un proceso productivo integral en el laboratorio de producción de la Facultad de Ingeniería, que potencialice su uso como herramienta pedagógica en el desarrollo de las distintas asignaturas teórico-prácticas.

Para ello se ha planteado inicialmente evaluar la situación actual del laboratorio enfocado desde las necesidades pedagógicas del programa de Ingeniería Industrial, para luego definir el proceso productivo integral que cumpla con las necesidades detectadas, seguidamente se realiza el estudio técnico que abarca la ingeniería básica del producto y del proceso de producción definido, y se utiliza el programa Promodel para simular el proceso productivo, finalmente, se realiza integración del laboratorio al plan de estudios de la facultad en Ingeniería Industrial.

A partir de lo anterior se formulan unas recomendaciones que permitan darle un adecuado manejo al laboratorio de producción en el corto, mediano y largo plazo y se presentan las conclusiones del trabajo en general.

**Palabras claves:** Laboratorio de plásticos, proceso productivo integral, programa de Ingeniería Industrial.

## ABSTRACT

This degree work aims to design an integrated production process in the production laboratory of the Faculty of Engineering, which potencialice use as a teaching tool in the development of various theoretical and practical subjects.

Initially was raises to assess the current status of the laboratory approached from the pedagogical needs of the Industrial Engineering program, then was define the integral production process that meets the needs identified, then was the technical study that covers the basic engineering of the product, manufacturing in process, the established production process , then it use the software Promodel to simulate the process productive finally, was integration performed from the laboratory to the curriculum of the faculty of Industrial Engineering.

From the above was formulated some recommendations to give an adequate management of the laboratory production in the short, medium and long term and presents the findings of work in general.

**Keywords:** Plastics laboratory, integrated production process, Industrial Engineering program.

## INTRODUCCIÓN

La ingeniería industrial es una profesión en la cual el proceso productivo es el centro de estudio, por tanto, el conocimiento y la descripción del mismo hacen parte de los quehaceres normales de los profesionales de esta carrera. De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo de grado se enfoca en la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la profesión en lo referente a la descripción y formulación de un proceso productivo, en este caso, para el laboratorio de plásticos de la Universidad Libre.

La importancia de este proyecto está centrada en dos puntos: La aplicación de los conocimientos a un proceso productivo real y la inclusión de prácticas donde los estudiantes interactúen con este proceso dentro de la malla curricular del Programa de Ingeniería Industrial. En este sentido, se han tomado como referencia otros casos en donde existen laboratorios que prestan estos servicios, a partir de los cuales los estudiantes pueden conocer más de cerca un proceso productivo real y aportar mejoras. Esto permite incluir un componente de acercamiento a la realidad en la formación de los egresados que genera una ventaja en cuanto a otros profesionales.

Es por esta razón que el objetivo principal es diseñar un proceso productivo integral en el laboratorio de producción de la facultad de Ingeniería, que potencialice su uso como herramienta pedagógica en el desarrollo de las distintas asignaturas teórico-prácticas y que incluya, no solo los temas de producción, sino la gestión de operaciones y gestión de calidad, dejando claros todos los conceptos relacionados y que a partir de la conciencia ecológica del reciclaje, se contribuya desde la academia a la conservación del ambiente.



Cuando se habla de integralidad se hace alusión al desarrollo de un proceso productivo completo en el laboratorio, donde se requiere que distintas máquinas sean operadas de manera continua para que una materia prima inicial sea transformada en un producto terminado, incluyendo la reutilización o reciclaje de los residuos generados durante la ejecución; y en el cual distintas asignaturas de la malla curricular de Ingeniería Industrial puedan realizar sus clases prácticas, acercándose a una realidad. Esto se extiende a la participación de otros programas de la facultad de Ingeniería como Mecánica y Ambiental.

Las fuentes de información usadas son de tipo primario y secundario, enfatizando en el primer tipo por considerar de gran importancia obtener datos reales de las posibilidades de implementar el laboratorio. Para lograr el objetivo propuesto se diseñó la metodología de la siguiente manera: a) evaluar la situación actual del laboratorio de producción, de acuerdo a las necesidades pedagógicas del Programa de Ingeniería Industrial, b) definir el proceso productivo integral que cumpla con las necesidades detectadas, c) realizar el estudio técnico que abarca la ingeniería básica del producto y del proceso de producción definido, d) simular el proceso productivo en Promodel, e) realizar integración del laboratorio al plan de estudios de la facultad en Ingeniería Industrial y f) formular recomendaciones que permitan darle un adecuado manejo al laboratorio de producción en el corto, mediano y largo plazo.

El proyecto se plantea bajo las características de las necesidades del programa por lo que está sujeto a las decisiones que los responsables tomen acerca de su implementación, sin embargo, lo importante es poder dejar las bases necesarias y suficientes para que, su implementación se pueda llevar a cabo.

## JUSTIFICACIÓN

Este proyecto adquiere gran importancia en el desarrollo y aplicación de las competencias adquiridas durante el proceso de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Industrial, en aras de cumplir con los objetivos trazados en los planes de desarrollo tanto de la Universidad como de la Nación y por ende aportar desde el ámbito ingenieril, al crecimiento del país.

En ese orden de ideas, la relevancia del proyecto propuesto se fundamenta en la imperiosa necesidad de darle un uso adecuado y potencializado al laboratorio de producción de la facultad de Ingeniería, donde se apliquen la mayor cantidad de competencias y destrezas adquiridas por el estudiante. Esto conlleva al desarrollo del primer estudio integral con un enfoque técnico, de sus condiciones actuales, buscando mejorar esta herramienta pedagógica fundamental, y permitiendo eliminar la subutilización de sus instalaciones y los gastos injustificados que genera su mantenimiento por la falta de uso y realizar aportes a la formación de los estudiantes.

Esto se ve complementado por la pertinencia educativa y el beneficio que aportaría contar con un proceso de producción íntegro, que le permita a los estudiantes fortalecer su formación a través del contacto directo con éste e involucrarse anticipadamente con su futura realidad laboral, ya sea en el plano industrial o de servicios, obteniendo conocimientos de tipo práctico, que le otorguen habilidades para resolver problemas de forma integral.

Finalmente y teniendo en cuenta que uno de los propósitos del Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014 es implementar políticas que le apunten al aumento de la competitividad económica y la productividad de las empresas, en beneficio del crecimiento económico del país; es relevante que la Facultad de Ingeniería de la

Universidad Libre realice un aporte a este propósito, a través del desarrollo de competencias que faciliten la gestión de sus futuros profesionales en el plano productivo.

# 1. GENERALIDADES

## 1.1 PROBLEMA

1.1.1. Descripción del problema. De acuerdo al “PLAN DE COMPETITIVIDAD DE COLOMBIA EN EL AÑO 2032”, propuesto por la Dirección Nacional de Planeación, Colombia se ha propuesto ser uno de los 3 países más competitivos en América Latina en el mediano plazo, centrando su recurso en la Innovación como herramienta para la productividad, explotando así sus ventajas y fomentando el crecimiento económico. Partiendo de esto, es tarea de los entes educativos potencializar las capacidades de asimilar y crear conocimiento científico y tecnológico en el país, siendo esto directamente proporcional al desarrollo de la Innovación.

Para que el proceso de innovación se dé satisfactoriamente, las entidades educativas deberán contar con redes de producción, buscando la difusión del conocimiento interdisciplinario, como los laboratorios, anclándose en el éxito productivo, como requisito indispensable para la competitividad, haciéndose necesario fomentar el trabajo en las áreas prácticas en los centros de formación, como incentivo en la generación de nuevos conocimientos en docentes y estudiantes, en materia de investigación y desarrollo.

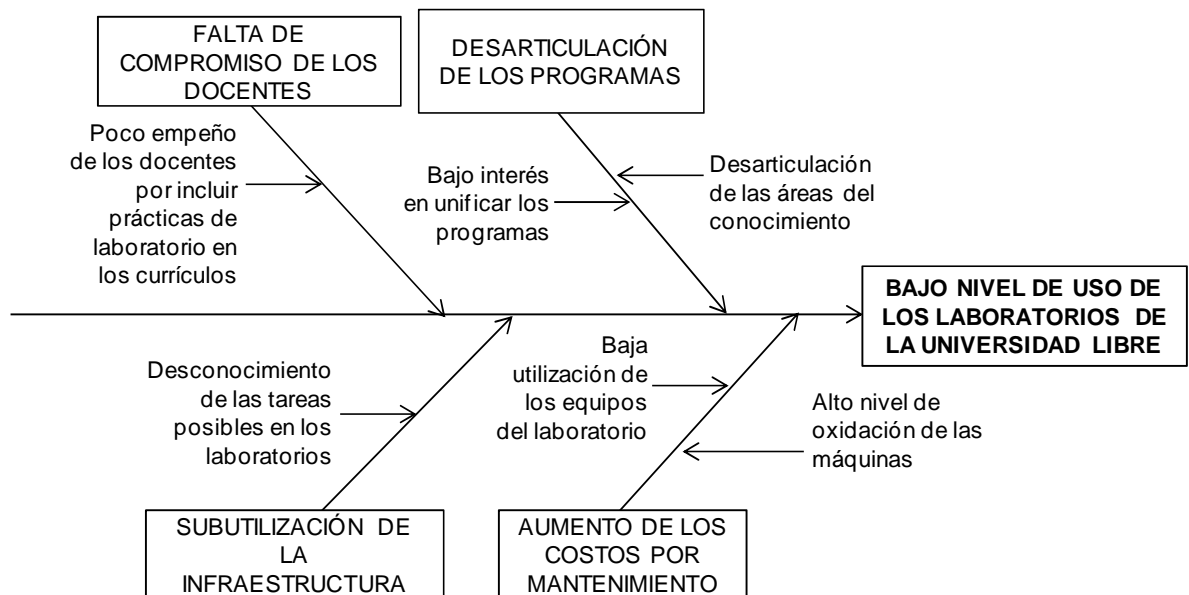
Entre las competencias que la Universidad Libre pretende crear entre los Ingenieros Industriales está “El diseño y gestión de procesos de manufactura y/o servicios.” y en el objetivo del Programa está la “optimización de los recursos con valor agregado”. Partiendo de esto, entre sus prioridades está el desarrollo de actividades prácticas que le permitan al estudiante tener una relación directa con un proceso productivo y para lograrlo la Facultad se apoya entre otras cosas, en el uso del laboratorio de producción, que en la actualidad como herramienta

pedagógica es insuficiente, ya que presenta de forma parcial el proceso que se requiere para transformar plástico.

Así mismo, se evidencia la desarticulación entre los diferentes programas que la universidad ofrece y más grave aún, entre las áreas del conocimiento impartidas a lo largo del desarrollo de los distintos programas académicos. Esto conlleva a una insatisfacción en el aprendizaje, falta de compromiso de algunos docentes en el uso de éste como instrumento de formación, incomodidad en el desarrollo de las clases, lo que termina en la subutilización de más del 36% de la infraestructura física del total de horas disponibles (Ver gráficas de 1 a 4 y Anexo C) y desaprovechamiento de recursos, específicamente en el laboratorio de plástico, debido a la escasa frecuencia de uso.

En la figura 1 se presenta una espina de pescado que describe de forma inicial las principales causas del problema detectado:

Figura 1. Espina de pescado



Fuente: Los autores, 2012

Se requiere entonces, del diseño de un proceso productivo integral en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, que permita a los estudiantes la obtención del conocimiento práctico necesario para dirigir, implementar, mejorar y controlar los procesos existentes en un sistema productivo, que para este caso es el llevado a cabo para la transformación de plásticos como parte de un desarrollo sostenible, que vincule a las distintas áreas del conocimiento que se desarrollan.

1.1.2. Formulación del problema. ¿Cómo se debe diseñar un proceso de producción integral para el reciclaje de plástico, que permita aumentar los niveles de uso de los laboratorios de la Universidad Libre, como herramienta de formación, y que brinde a los estudiantes el conocimiento práctico necesario en la optimización de los recursos y transformación de materia prima que articule las distintas áreas del conocimiento?

## 1.2 OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general. Diseñar un proceso productivo integral de transformación de plásticos en el laboratorio de producción de la facultad de Ingeniería, que potencialice su uso como herramienta pedagógica en el desarrollo de las distintas asignaturas teórico-prácticas.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Evaluar la situación actual del laboratorio de producción, de acuerdo a las necesidades pedagógicas del Programa de Ingeniería Industrial.
- Definir el proceso productivo integral de transformación de plásticos que cumpla con las necesidades detectadas.

- Realizar el estudio técnico que abarca la ingeniería básica del producto y del proceso de producción definido.
- Simular el proceso productivo en Promodel.
- Realizar integración del laboratorio al plan de estudios de la facultad en Ingeniería Industrial.
- Formular recomendaciones que permitan darle un adecuado manejo al laboratorio de producción en el corto, mediano y largo plazo.

### 1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

Se diseñará un proceso productivo integral para el reciclaje de plástico, centrándose en los procesos de transformación, conversión, sistema de recuperación de materiales y de gestión de calidad, de acuerdo al diagnóstico de la situación actual del laboratorio de producción, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre, en su sede del Bosque Popular en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta los requisitos en ergonomía y seguridad industrial en el desarrollo de las actividades, la presentación de un posible presupuesto de ejecución y recomendaciones de funcionamiento.

### 1.4 METODOLOGÍA

El enfoque que se le dará a esta investigación es de tipo Cualitativo, ya que se ha identificado y planteado un problema, se forma un marco teórico a través de la consulta bibliográfica que hace referencia al tema de investigación, se hace la pregunta que se desea responder, se propondrá una posible solución, que se verá sometida a prueba mediante el uso de algunos diseños de investigación específicos y apropiados, recurriendo a la recolección y análisis de datos sobre el

estado actual del laboratorio, se obtendrán unas conclusiones, las cuales se darán a conocer y se presentarán ciertas recomendaciones.

1.4.1. Tipo de investigación. Debido a que “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis”<sup>12</sup>, este trabajo es de tipo Descriptivo, porque para hacer un diagnóstico adecuado de la situación real del proceso productivo actual, se debe recoger una serie de datos, dándoles una organización sistemática y someterlos a un posterior análisis, que permitirá llegar a una medición, “Desde el punto de vista científico describir es medir”<sup>13</sup>, lo anterior permite tener la base para plantear una caracterización del proceso que se pretende proponer, cuyo objeto es suplir las necesidades encontradas.

1.4.2. Cuadro metodológico. Para alcanzar los objetivos planteados inicialmente, se recurrirá al empleo de técnicas orientadas a recopilar información, que permita luego ser estructurada y analizada, estas técnicas son:

Tabla 1. Cuadro metodológico

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Fuentes de información</b>
Evaluar la situación	- Observación directa: Se hará una observación, con registros fotográficos, para definir la situación actual del laboratorio. - Revisión y análisis documental: Se hará una revisión y análisis de la información suministrada por la	Primarias: Instalaciones Máquinas Docentes Decano Director de Programa Ingeniería Industrial

<sup>12</sup> DANKHE, G.L. Investigación y Comunicación, citado por HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos; BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. México: McGraw Hill, 1997. p. 71.

<sup>13</sup> HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos; BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. México: McGraw Hill, 1997. p. 71.



<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Fuentes de información</b>
actual del laboratorio de producción, de acuerdo a las necesidades pedagógicas del Programa de Ingeniería Industrial.	Facultad de ingeniería en la Universidad Libre, que aporte a la elaboración del diagnóstico. - Encuesta: Se realizarán encuestas de satisfacción a los estudiantes de Ingeniería Industrial. -Entrevistas estructuradas y cuestionario: Se harán una serie de preguntas, que aportarán información primaria sobre las condiciones y características del Laboratorio.	Secundarias: Bibliografía Normas técnicas Laboratorios Universidad Javeriana
Definir el proceso productivo integral que cumpla con las necesidades detectadas.	- Levantamiento de la información. - Caracterización del proceso - Documentación	Primarias: Instalaciones Máquinas Docentes Decano Director de Programa Ingeniería Industrial Secundarias: Bibliografía Normas técnicas Laboratorios Universidad Javeriana Teclink
Realizar el estudio técnico que abarca la ingeniería básica del producto y del proceso de producción definido.	-Estudio y definición de materia prima -Estudio y definición de maquinaria y equipos -Diseño y distribución del laboratorio -Elaboración de protocolo de trabajo seguro en el laboratorio	Primarias Acoplásticos Teclink soluciones tecnológicas. Secundarias Bibliografía Normas técnicas.
Simular el proceso	-Desarrollo de modelo productivo en	Primarias

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Fuentes de información</b>
productivo en Promodel.	Promodel	Laboratorio Manual Promodel. Bibliografía Secundarias Experto
Realizar integración del laboratorio al plan de estudios de la facultad en Ingeniería Industrial.	-Promoción del nuevo laboratorio - Matriz de integración del laboratorio a la malla curricular de Ingeniería Industrial y Mecánica.	Primarias Bibliografía Facultad de Ingeniería
Formular recomendaciones que permitan darle un adecuado manejo al laboratorio de producción en el corto, mediano y largo plazo.	-Elaboración de documento con las recomendaciones de uso y conservación del laboratorio.	Primarias: Instalaciones Máquinas Docentes Decano Director de Programa Ingeniería Industrial Secundarias: Bibliografía Normas técnicas

Fuente: Los autores, 2012

### 1.4.3. Marco legal y normativo.

1.4.3.1 Marco Legal. Dentro de la reglamentación existente que aplica para la adecuación de espacios físicos seguros en relación con las instalaciones eléctricas se puede mencionar la resolución 18 1294 de 2008 del Ministerio de Minas y Energías, por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, y determina las características necesarias de implementación de las instalaciones requeridas para la maquinaria que debe ser instalada para que el

proceso productivo integral planteado pueda funcionar adecuadamente, bajo las normas de seguridad necesarias.

Otra reglamentación relevante es la 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, que concierne a las disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en donde se disponen las obligaciones del patrono, entre las que se pueden mencionar: “a) dar cumplimiento a lo establecido en la presente resolución, y demás normas legales en Medicina, Higiene y Seguridad Industrial, elaborar su propia reglamentación, y hacer cumplir a los trabajadores las obligaciones de Salud Ocupacional que les correspondan, b) proveer y mantener el medio ambiente ocupacional en adecuadas condiciones de higiene y seguridad, de acuerdo a las normas establecidas en la presente Resolución, c) establecer un servicio médico permanente de medicina industrial, en aquellos establecimientos que presenten mayores riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, a juicio de los encargados de la salud Ocupacional del Ministerio, debidamente organizado para practicar a todo su personal los exámenes psicofísicos, exámenes periódicos y asesoría médico laboral y los que se requieran de acuerdo a las circunstancias; además llevar una completa estadística médico social”<sup>14</sup>.

#### 1.4.3.2 Marco Normativo

1.4.3.2.1. Normas de seguridad industrial. La normatividad aplicada al presente trabajo de grado está en relación con las normas de seguridad e higiene industrial, dado que, en el laboratorio se espera mantener este sistema. De acuerdo con lo anterior, se pueden mencionar:

- Normas ANSI 87, 2,3, 19, ISEA 101

---

<sup>14</sup> Ministerio del Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979. Título I. Disposiciones Generales. Capítulo II. Obligaciones de los Patronos. P.1.

- Normas Técnicas Colombiana NTC 2021, 2037. Protección para el cuerpo. ICONTEC
- Norma Técnica Colombiana NTC 2272, Protección auditiva. ICONTEC.
- Normas Técnicas Colombianas NTC 1836, 2219. Protección para las manos. ICONTEC.
- NTC 3955 de 1996. Ergonomía. ICONTEC.
- NTC 1461 de 1987, Colores y Señales de Seguridad. ICONTEC
- Norma ANSI Z-535 de 1991 Sobre demarcación y señalización de áreas de trabajo.

1.4.3.2.2. Norma reciclaje de plástico. Para la correcta realización del proceso de reciclaje de plásticos se encuentra la norma ISO 15270:2008, la cual dispone suministra la orientación para el desarrollo de los padrones y las especificaciones que cubre la recuperación de desperdicio de plásticos, incluyendo el reciclaje.

Además, establece los requisitos de calidad que deben considerarse en todos los pasos del proceso de recuperación. Por otro lado, suministra las recomendaciones generales para la inclusión en los padrones relevantes, los padrones de prueba y las especificaciones de producto.

## 1.5 MARCO REFERENCIAL

Este proyecto será desarrollado en la Universidad Libre Sede Bosque Popular en la Facultad de Ingeniería en la ciudad de Bogotá, la cual ha mostrado una gran preocupación por el desarrollo de competencias de carácter integral en los estudiantes de Ingeniería, a través del perfeccionamiento de clases prácticas en el laboratorio de producción; creando en éste un perfil enfocado hacia el sector productivo.

1.5.1. Antecedentes. Entre los antecedentes que existen relacionados con este proyecto, en el plano académico y pedagógico, se puede destacar el estudio que ha llevado a cabo la Universidad de Córdoba y ECEIA - Equipo Creativo para el Estudio y Enseñanza de la Ingeniería Industrial Aplicada, a través del montaje y desarrollo de un Laboratorio Industrial de Ingeniería Aplicada, el cual nace con la necesidad de integrar las diferentes áreas del conocimiento ingenieril en un ambiente como el agrícola, el cual se mantuvo alejado de la industria, por razones de posición geográfica.

A partir de las experiencias de intercambio y visitas a varios centros de conocimiento y con la ayuda de la Universidad de Pereira, particularmente con su grupo de trabajo GEIO - Grupo de Enseñanza en Investigación de Operaciones de la Facultad de Ingeniería Industrial, se decide montar el laboratorio de Ingeniería Aplicada como alternativa de integración y generación de conocimientos.

Esta colaboración, significó para la Universidad de Córdoba un valioso aporte a una exhaustiva investigación que dio como resultado, la creación de entornos que le ofrecen tanto a los estudiantes como a los docentes, la posibilidad de simular, observar y aplicar los conocimientos adquiridos, logrando de esta manera posicionar el programa de Ingeniería Industrial en el mercado colombiano.

Es así que al día de hoy el laboratorio y ECEIA siguen funcionando como equipo de trabajo y presentan *la lúdica como metodología para el estudio y la enseñanza en las siguientes áreas*<sup>15</sup>:

- *Logística*
- *Administración y control de la producción*

---

<sup>15</sup> UNICÓRDOBA. Dinámica de sistemas industriales de manufactura y/o servicios. Tomado de <http://www.unicordoba.edu.co/pregrado/industrial/Eceia.pdf>. Fecha de consulta: 10 Noviembre de 2012.

- *Investigación de operaciones*
- *Organización y métodos*
- *Diseño y distribución de plantas*
- *Administración*
- *Gestión de talento humano*
- *Dinámica de sistemas empresariales*
- *Higiene y seguridad industrial*
- *Ergonomía*
- *Simulación de sistemas empresariales*
- *Teoría de restricciones*
- *Tecnologías de la información y la comunicación.*
- *Gestión Ambiental.*
- *Economía.*
- *Negociación y solución de conflictos.*
- *Comercio electrónico.*
- *Procesos de pensamiento.*

También se puede mencionar el gran desarrollo y reconocimiento que ha alcanzado la Pontificia Universidad Javeriana en la ciudad de Bogotá, a través de su Laboratorio de Pruebas y Ensayos, que *“es una entidad encargada de apoyar las labores académicas y de investigación del Departamento de Ingeniería Civil. El Laboratorio cuenta con un sistema de calidad y varias pruebas acreditadas bajo la Norma ISO 17025. Así mismo se encuentra a la vanguardia en equipos y por esto presta sus servicios a entidades externas, públicas y privadas para la realización de pruebas y ensayos.”*<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Laboratorio de Pruebas y Ensayos. Tomado de [portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto\\_indust\\_laboratorios\\_ctai](http://portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto_indust_laboratorios_ctai). Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2012.

1.5.2. Presentación de la Universidad Libre<sup>17</sup>. Con la intención de fundar una institución de cátedra libre, practicada por los claustros durante el radicalismo, se creó por el Doctor Luis A. Robles, la Universidad Republicana, en Santafé de Bogotá, hacia finales del siglo XIX.

Tras sufrir dificultades económicas y contando con el empeño de un grupo de profesionales que no permitieron que desapareciera, la convirtieron en una compañía anónima de capital limitado el 23 de abril de 1912, ante notario público a través de la firma de la escritura de constitución de la Universidad Republicana; pero el decir popular nunca la llamó por su nombre original, sino que la denominó Universidad Libre.

Se hizo necesario hacer un cambio de denominación y administración el 30 de octubre de 1913, surgiendo de manera definitiva e independiente la Universidad Libre. Enfrentando la imposibilidad de contar con el capital que permitiera su funcionamiento, el Doctor Cesar Julio Rodríguez, empezó una ardua labor de recolección de recursos, hasta que en el año 1923 el General Benjamín Herrera decidió asumir el liderazgo del proyecto universitario.

En la Convención de marzo 29 de 1922, en la ciudad de Ibagué, bajo el Acuerdo No. 6 se “recomienda a los Liberales prestar un decidido apoyo a la obra de la fundación de la Universidad Libre”. Esto llevó a que el General Benjamín Herrera obtuviera de forma exitosa los recursos para la apertura definitiva de la Universidad y fue nombrado como Presidente del Consejo Directivo.

En 1923 con su Facultad de Derecho y Ciencias Sociales “principia a funcionar la Universidad Libre. Lleva este nombre, porque ella no está sujeta a ningún otro órgano, tiene plena autonomía para actuar y está capacitada para desarrollar sus

---

<sup>17</sup> UNIVERSIDAD LIBRE, Libro de Oro. Santafé de Bogotá: 1995. p. 71.

objetivos científicos. Su razón de ser es el libre pensamiento, lo que le da completa independencia de todo criterio sobrenatural”<sup>18</sup>.

El 20 de enero 1947 se liquidó la sociedad anónima para convertirse en la actual CORPORACIÓN UNIVERSIDAD LIBRE, a través de escritura pública en la Notaría Tercera del Circuito de Bogotá.

Con el transcurrir del tiempo se crearon distintas facultades en la Sede Principal Santafé de Bogotá y seccionales en las ciudades de Barranquilla, Cartagena, Cúcuta, Pereira, Socorro y Santiago de Cali.

De acuerdo al ESTATUTO ORGÁNICO CORPORACIÓN UNIVERSIDAD LIBRE, en el Capítulo 3, Artículo 5. Del Régimen Académico: *La Corporación es una institución autónoma de educación superior, reconocida como Universidad, autorizada para adelantar actividades de investigación científica y tecnológica, de formación académica en profesiones o disciplinas, y de producción, desarrollo y transmisión del conocimiento y de la cultura universal y nacional, en los campos de acción propios de las universidades de conformidad con la Ley.*

*Además, está facultada para adelantar programas en los diferentes niveles educativos de formación en ocupaciones, profesiones y disciplinas, programas de especialización, maestrías, doctorados y pos doctorados de conformidad con la Ley, los Estatutos y los Reglamentos.*

Según el Proyecto Educativo Institucional – PEI, *“Construir un Proyecto Educativo centrado en la excelencia académica y comprometido con las transformaciones sociales, económicas y políticas que necesita la mayoría de la población colombiana, es el compromiso y justificación de la existencia de la Universidad Libre.”*

---

<sup>18</sup> *Ibíd.*, P.75.



1.5.2.1 Visión. *“La Universidad Libre es una corporación de educación privada, la cual propende por la construcción permanente de un mejor país y de una sociedad democrática, pluralista y tolerante, e impulsa el desarrollo sostenible, iluminada por los principios filosóficos y éticos de su fundador, con liderazgo en los procesos de investigación, ciencia, tecnología y solución pacífica de conflictos.”*<sup>19</sup>

1.5.2.2 Misión. *“La Universidad Libre como conciencia crítica del país y de la época, recreadora de los conocimientos científicos y tecnológicos, proyectados hacia la formación integral de un egresado acorde con las necesidades fundamentales de la sociedad, hace suyo el compromiso de:*

- *Proveer los sectores dirigentes de la sociedad.*
- *Propender por la identidad de la nacionalidad colombiana, respetando la diversidad cultural, regional y étnica del país.*
- *Procurar la preservación del medio y el equilibrio de los recursos naturales.*
- *Inculcar en toda la comunidad unilibrista el espíritu de pertenencia.*
- *Ser espacio de formación de personas democráticas, pluralistas, tolerantes y cultoras de la diferencia.”*<sup>20</sup>

1.5.2.3 Principios. *“La Universidad se rige por los principios de las libertades de cátedra, examen y aprendizaje; de universidad, pluralismo ideológico, moralidad, igualdad, fraternidad, democracia, excelencia académica y desarrollo sostenible.”*<sup>21</sup>

1.5.2.4 Objetivos. *“Son objetivos de la Corporación los siguientes:*

---

<sup>19</sup> UNIVERSIDAD LIBRE. Proyecto Educativo Institucional Acuerdo No. 010. Bogotá: 2002 p. 9.

<sup>20</sup> *Ibid.*, p. 9

<sup>21</sup> *Ibid.*, p. 10

- *Realizar investigación científica, técnica y tecnológica, en aquellos campos que demanden las zonas de influencia de la Corporación, para buscar soluciones teóricas y prácticas que contribuyan al desarrollo y al progreso de los sectores educativo, económico, social y político de los colombianos.*
- *Adelantar programas de educación en diversas modalidades y niveles.*
- *Fomentar la cultura, la investigación, la formación profesional, la prestación de servicios de asistencia y promoción social, orientados a elevar el desarrollo socio-económico del país.*
- *Propiciar la integración de la Corporación con otros sectores básicos de la actividad socio-económica, a nivel regional y nacional.*
- *Realizar intercambios educativos, culturales, científicos, artísticos y de servicios con entidades nacionales y extranjeras que conduzcan a la defensa de los principios y al cumplimiento de los objetivos de la Corporación, dentro del contexto constitucional y legal colombiano.*
- *Promover la formación científica y pedagógica del personal docente e investigativo, que garantice la calidad de la educación en sus diferentes niveles y modalidades.*
- *Formar en el estudiante una conciencia crítica constructiva para el ejercicio de sus derechos y el cumplimiento de sus deberes, con fundamento en la función social de la educación.*
- *Coadyuvar a la preservación de los recursos naturales.*
- *Auspiciar la capacitación y la educación continuada tendientes a la formación integrada.*
- *Publicar en todos los periódicos, revistas, libros y folletos, y editar videos y similares para divulgar las investigaciones, planes, programas y proyectos de la Corporación.*
- *Buscar la formación de profesionales en todas las áreas del conocimiento, que sobresalgan por su entereza moral, excelencia académica, amor al estudio y a la investigación, decisión de luchar en defensa de la democracia, la libertad y la*

*dignidad del hombre y, por tanto, personas tolerantes, respetuosas de las creencias y derechos de los demás.*<sup>22</sup>

1.5.2.5 Presentación de la Universidad Libre Sede Bosque Popular Facultad de Ingeniería. La Facultad de Ingeniería cuenta con una Misión y una Visión que le sirven de faro para alcanzar los objetivos que se ha trazado.

- Misión

*“La Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre como escuela de formación de profesionales integrales en Ingeniería de alta calidad, desarrolla un conjunto de acciones para la construcción, transferencia, y apropiación social de conocimiento científico y tecnológico, correspondiendo a las necesidades de la sociedad dentro de un contexto de globalización, con liderazgo y compromiso en el desarrollo sostenible.*

*Concentra su actividad en la docencia, la investigación y la proyección social, utilizando tecnologías y metodologías avanzadas en educación, dentro de los principios de justicia social, democracia, libertad de pensamiento y culto, autonomía universitaria, la tolerancia y la convivencia civil, la soberanía y el rechazo a toda forma de monopolio.*

- Visión

*La Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre propende por ser la mejor escuela de formación de alta calidad logrando el reconocimiento nacional e internacional contribuyendo al desarrollo científico y tecnológico con compromiso social, por la capacidad de nuestra comunidad académica, en la gestión*

---

<sup>22</sup> *Ibíd.*, p. 10 – 11.

*tecnológica y de la calidad, logrando liderazgo en los procesos de investigación, docencia y proyección social teniendo como marco de referencia los principios éticos y filosóficos de la institución.*<sup>23</sup>

- Objetivos
  - *“Mantener en altos los estándares de la calidad académica de la Facultad. Mejorar el nivel competitivo de los profesores e investigadores frente a los nuevos modelos pedagógicos y a las competencias disciplinares específicas.*
  - *Consolidar un ambiente rico en construcción de conocimiento a partir de la investigación científica formativa e institucional.*
  - *Optimizar los procesos administrativos y mejorar la cultura organizacional. Posicionar la Facultad de Ingeniería en el contexto nacional e internacional de formación académica de Ingeniería y de nivel tecnológico. Expandir la Oferta Académica.*
  - *Desarrollar la proyección social de los programas académicos, consolidando la Facultad como estamento de consultoría, asesoría y capacitación en los diferentes sectores de la sociedad sobre los cuales tenga influencia la Facultad de Ingeniería.*<sup>24</sup>
  
- Oferta educativa: En la tabla 2 es posible observar la oferta educativa de la facultad de ingeniería en los niveles de pregrado, posgrado y maestría.

---

<sup>23</sup> Disponible desde Internet en: <http://www.unilibre.edu.co/Ingenieria/misionvision.html>

<sup>24</sup> Disponible desde Internet en: <http://www.unilibre.edu.co/Ingenieria/objetivos.html>.

Tabla 2. Oferta educativa Facultad de Ingeniería

Pregrado	Posgrado	Maestría
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería Ambiental</li> <li>• Ingeniería Industrial</li> <li>• Ingeniería Mecánica</li> <li>• Ingeniería de Sistemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especialización en gerencia ambiental</li> <li>• Especialización en gerencia de mercadeo</li> <li>• Especialización en gerencia de calidad de productos y servicios</li> <li>• Especialización en soldadura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maestría en Ingeniería con énfasis en energías alternativas</li> </ul>

Fuente: Universidad Libre Sede Bosque Popular, 2012.

### 1.5.3. Marco Teórico

1.5.3.1 Reciclaje de plásticos. Para reciclar plástico, primero hay que clasificarlo de acuerdo con su naturaleza. Es decir, en siete clases distintas: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS, y una séptima categoría denominada “otros”.

La separación es debida a que, las resinas que componen cada una de las categorías de plástico son termodinámicamente incompatibles unas con otras. A eso hay que agregarle el trabajo de separar las tapas, que generalmente no están hechas del mismo material. Este no es el único inconveniente; en el proceso de reciclaje el plástico pierde algunas de sus propiedades originales, por lo que hay que agregarle una serie de aditivos para que regenere sus propiedades. Hay cuatro tipos de reciclaje de plásticos: Primario, secundario, terciario y cuaternario. El conocer cuál de estos tipos se debe usar depende de factores tales como la limpieza y homogeneidad del material y el valor del material de desecho y de la aplicación final<sup>25</sup>. Las etapas generales de reciclaje de plásticos son presentadas en la tabla 3.

<sup>25</sup> Tomado de Página de Internet de Knol Beta. <http://knol.google.com/k/jorge-luis-bre%C3%B1a-or%C3%A9/los-pl%C3%A1sticos-en-el-siglo-xxi/2ydkxmcacifn6/57#>, Agosto de 2012.

Tabla 3. Etapas generales del reciclaje de plásticos

<b>Etapas de reciclaje</b>	<b>Características</b>
<b>PRIMARIO</b>	<p>Consiste en la conversión del desecho plástico en artículos con propiedades físicas y químicas idénticas a las del material original. El reciclaje primario se hace con termoplásticos como PET (Polietileno Tereftalato), PEAD (Polietileno de Alta Densidad), PEBD (Polietileno de Baja Densidad), PP (Polipropileno), PS (Poliestireno), y PVC (Cloruro de Polivinilo). Procesos del reciclaje primario:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Separación: Los métodos de separación pueden ser clasificados en separación macro, micro y molecular. La macro separación se hace sobre el producto completo usando el reconocimiento óptico del color o la forma. La micro separación puede hacerse por una propiedad física específica: Tamaño, peso, densidad, etc.</li> <li>2. Granulado: Por medio de un proceso industrial, el plástico se muele y convierte en gránulos parecidos a las hojuelas del cereal.</li> <li>3. Limpieza: Los plásticos granulados están generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, pegamento, de ahí que deben limpiarse primero.</li> <li>4. Peletizado: Para esto, el plástico granulado debe fundirse y pasarse a través de un tubo delgado para tomar la forma de spaghetti al enfriarse en un baño de agua. Una vez frío es cortado en pedacitos llamados pellets.</li> </ol>
<b>SECUNDARIO</b>	<p>En este tipo de reciclaje se convierte el plástico en artículos con propiedades que son inferiores a las del polímero original. Ejemplos de estos plásticos recuperados por esta forma son los termoestables o plásticos contaminados. Este proceso elimina la necesidad de separar y limpiar los plásticos, en vez de esto, se mezclan incluyendo tapas de aluminio, papel, polvo, etc, se muelen y funden juntas dentro de un extrusor. Los plásticos pasan por un tubo con una gran abertura hacia un baño de agua y luego son cortados a varias longitudes dependiendo de las especificaciones del cliente.</p>
<b>TERCIARIO</b>	<p>Este tipo de reciclaje degrada el polímero a compuestos químicos básicos y combustibles. Es diferente a los dos primeros porque involucra además de un cambio físico un cambio químico. Hoy en día el reciclaje primario cuenta con dos métodos principales: Pirolisis y gasificación. En</p>

Etapa de reciclaje	Características
	el primero se recuperan las materias primas de los plásticos, de manera que se puedan rehacer polímeros puros con mejores propiedades y menos contaminación. Y en el segundo, por medio del calentamiento de los plásticos se obtiene gas que puede ser usado para producir electricidad, metanol o amoniaco.
<b>CUATERNARIO</b>	Consiste en el calentamiento del plástico con el objeto de usar la energía térmica liberada de este proceso para llevar a cabo otros procesos, es decir el plástico es usado como combustible para reciclar energía. Las ventajas: Mucho menos espacio ocupado en los rellenos sanitarios, la recuperación de metales y el manejo de diferentes cantidades de desechos. Sin embargo, algunas de las desventajas es la generación de contaminantes gaseosos.

Fuente: Página de Internet de Knol Beta, Agosto de 2012

1.5.3.2 Tipos de reciclaje. Los plásticos constituyen una parte importante del volumen total de residuos y muchos de ellos son muy contaminantes. Por esto, los plásticos, según sea el destino que se al reciclado, pasan por distintos procesos, tal como se observa en la tabla 4:

**Tabla 4. Procesos de reciclaje**

TIPOS DE PROCESOS	CARACTERÍSTICAS
<b>PROCESO DE RECICLADO MECÁNICO</b>	<p>Consiste fundamentalmente en aplicar calor y presión a los objetos para darles nueva forma. De todos los tipos de plásticos, este proceso solo puede aplicarse al grupo de los termoplásticos, que funden al ser calentados por encima de la temperatura de fusión.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cuando el material llega a la central de reciclado pasa a una zona de lavado y secado para evitar que se mezclen impurezas.</li> <li>2. Una vez limpio se le somete a una trituración mediante máquinas de molienda, de forma que los trozos de material salen muy pequeños, en forma de bolitas o incluso a veces en forma de polvo.</li> <li>3. Este material triturado alimenta una máquina de extrusión que proporciona calor y presión para que la masa de plástico se funda y</li> </ol>

TIPOS DE PROCESOS	CARACTERÍSTICAS
	pueda utilizarse para extrusionar o moldear piezas.
<p align="center"><b>PROCESO DE RECICLADO QUÍMICO</b></p>	<p>Consiste en separar los componentes químicos o monómeros que forman el plástico. Se trata, por tanto, de invertir las etapas que se siguieron para crearlo o «despolimerizar» las moléculas de plástico. Entre los diferentes métodos que se utilizan están la metanólisis, la pirólisis, la hidrogenación o la aplicación de disolventes.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El reciclado químico por metanólisis del PET (Polietilentereftalato) se inicia con un lavado y una compresión de los objetos.</li> <li>2. Se consigue una molienda que se introduce en un reactor, que es la máquina que divide las moléculas de PET en moléculas de tereftalato de dimetilo y etilenglicol, dos compuestos químicos con los cuales se fabrica el PET.</li> <li>3. Estos compuestos serán la materia prima para fabricar nuevos plásticos.</li> </ol>
<p align="center"><b>PROCESO DE RECICLADO ENERGÉTICO</b></p>	<p>Muchos plásticos pueden arder y servir de combustible. El plástico usado se lleva a una incineradora para ser quemado, obteniéndose energía calorífica que puede utilizarse en los hogares o en la industria, o bien para obtener electricidad.</p> <p>A modo de ejemplo: 1 kg de polipropileno aporta en su combustión casi tres veces más energía calorífica que 1 kg de madera de leña; 1 kg de PET aporta igual energía que 1 kg de carbón; o 1 kg de polietileno genera igual energía que 1 kg de gasóleo. Pero, al tratarse de un proceso de combustión, se genera CO<sub>2</sub> que es expulsado a la atmósfera y contribuye al efecto invernadero, así como otros compuestos gaseosos que pueden resultar tóxicos. Por ello, este proceso debe ir acompañado de controles y medidas de seguridad que eviten estos efectos dañinos.</p>

Fuente: Página de Internet de Knol Beta. <http://knol.google.com/k/jorge-luis-bre%C3%B1a-or%C3%A9/los-pl%C3%A1sticos-en-el-siglo-xxi/2ydkxmcacjfn6/57#>, Agosto de 2012.



1.5.3.3 Procesos de transformación del plástico. El proceso que se lleva a cabo para la transformación del plástico se describe en la tabla 5, en la cual se puede observar el tipo de proceso, su descripción y el material empleado en cada uno.

**Tabla 5. Procesos de transformación de plástico**

TIPO DE PROCESO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL EMPLEADO	EQUIPOS NECESARIOS
CONTINUO POR EXTRUSIÓN	El polímero se alimenta a través de una tolva hasta un cañón, en el cual un tornillo elicoidal transporta el polímero hacia el extremo con matriz. El tornillo tiene tres secciones: La sección de <i>alimentación de diámetro de raíz constante</i> toma los gránulos o pastillas de la tolva de alimentación y los mueve a la <i>sección de Compresión</i> (Sección de Fusión), en la que la cuerda cuya sección transversal se reduce gradualmente, comprime los gránulos reblandecidos. El cortante viscoso suele generar calor suficiente para que el polímero esté a la temperatura requerida; el cañón se calienta externamente para compensar las pérdidas de calor. Al final de esta sección se suministra un fluido viscoso a la <i>sección de Medición</i> y aquí la fusión se calienta aún más por cortante a una alta rapidez, para después pasar a través de una matriz. Al salir de ésta, el producto extruido se enfría y se reduce la dilatación de la matriz, jalando por medio de una placa de dimensionamiento bajo tensión controlada.	Termoplásticos	Extrusora  Equipo complementario Chiller
CÍCLICO POR	Es el proceso cíclico en el cual el polímero previamente fundido obtiene la forma		

TIPO DE PROCESO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL EMPLEADO	EQUIPOS NECESARIOS
INYECCIÓN	<p>deseada que es grabada en las cavidades de un molde, se procesa en diferentes etapas que conforman el ciclo de inyección tomando la forma de la cavidad en que se solidifica.</p> <p>El plástico se calienta mediante calentadores externos en el cañón, y por cortante alrededor del torpedo, lo cual asegura la uniformidad del flujo.</p> <p>Con mayor frecuencia se emplea un tornillo giratorio para suministrar al molde la cantidad requerida de plástico fundido.</p>	<p>Termoplásticos</p> <p>Resinas termoestables</p>	<p>Inyectora</p> <p>Equipo complementario</p> <p>Chiller</p>

Fuente: Los autores, 2012, usando como fuente de información el Libro *Procesos de Manufactura de John A. Schey, 2002* y la propuesta presentada por Tecilink.

#### 1.5.3.3.1 Maquinaria empleada en procesos de transformación del plástico.

La descripción de la maquinaria necesaria para llevar a cabo la transformación del plástico se presenta a continuación:

**Tabla 6. Maquinaria empleada en proceso de transformación del plástico**

MÁQUINA	DESCRIPCIÓN	COMPONENTES	EQUIPO COMPLEMENTARIO	PRODUCTO
	Una máquina de extrusión consta de un eje metálico central con álabes	<b>Tolva.</b> La tolva es el depósito de materia prima granulada para la alimentación continua del extrusor.		Cable

<p>EXTRUSORA</p>	<p>helicoidales, llamado husillo o tornillo, instalado dentro de un cilindro metálico (cañón), revestido con una camisa calefactora de resistencias eléctricas. En un extremo del cilindro se encuentra un orificio de entrada para la materia prima, donde se instala una tolva de alimentación, generalmente de forma cónica; en ese mismo extremo se encuentra el sistema de accionamiento del husillo, compuesto por un motor y un sistema de reducción de velocidad. En la punta del tornillo, se ubica la salida del material y el dado que da la forma final al producto plástico.</p>	<p><b>Barril o Cañón.</b> Es un cilindro metálico que aloja al husillo y constituye el cuerpo principal de una máquina de extrusión. El cañón cuenta con resistencias eléctricas que proporcionan una parte de la energía térmica que el material requiere para ser fundido. El sistema de resistencias, en algunos casos va complementado con un sistema de enfriamiento (que puede ser flujo de líquido o por ventiladores de aire), para controlar mejor la temperatura exacta del material.</p> <p><b>Husillo.</b> Gracias a los intensos estudios del comportamiento del flujo de los polímeros, el husillo ha evolucionado ampliamente desde el auge de la industrial plástica hasta el grado de convertirse en la parte que contiene la mayor tecnología dentro de una máquina de extrusión. Sus álabes o filetes, recorren el husillo de un extremo al otro y son los verdaderos impulsores del material a través del cañón. Las dimensiones y formas que éstos tengan, determinará el tipo de material que se pueda procesar y la calidad de mezclado de la masa al salir por el dado.</p> <p><b>Camisas calefactoras.</b> Todo el sistema de calentamiento es controlado desde un tablero, donde las temperaturas de</p>	<p>Chiller</p> <p>forado de PVC flexible, popotes, espiral para cuadernos, películas plásticas para diversos usos, hojas plásticas, bolsa, película tubular, película para arropado de cultivos, etc.</p>
------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<p>proceso se establecen en función del tipo de material y del producto deseado.</p> <p><b>Dado de Extrusión</b> El dado en el proceso de extrusión es como el molde en el proceso de moldeo por inyección: a través del dado fluye el polímero fuera del cañón de extrusión y gracias a éste toma el perfil que se busca; el perfil del dado suele ser diferente del perfil deseado en el producto final, debido a la memoria que presentan los polímeros, esfuerzos residuales y orientación el flujo resultado del arrastre por el husillo.</p>		
INYECTORA	<p>Una máquina inyectora es un equipo capaz de plastificar el material polimérico y bombearlo hacia un molde en donde llena una cavidad y adquiere la forma del producto deseado. Se introduce el plástico granulado dentro de un cilindro, donde se calienta. En el interior del cilindro hay un tornillo sinfín que actúa de igual manera que el émbolo de una</p>	<p><b>Unidad de cierre.</b> Es la encargada de sostener el molde y generar la fuerza de cierre mientras se inyecta el polímero, además permite la expulsión de la pieza. El cierre del molde se realiza por medio de una prensa controlada por sistemas hidráulicos o mecánicos. La fuerza de cierre requerida depende de la máxima área proyectada de la pieza a inyectar, y la presión de moldeo. Esta fuerza contrarresta la resistencia que genera el material fundido cuando se inyecta.</p> <p><b>Unidad de inyección.</b> Es la parte plastificante del proceso, la cual se encarga de fundir el polímero en una masa homogénea y uniforme.</p>	Chiller	<p>Grandes series de piezas, palanganas, cubos, carcasas, componentes de automóviles, mesas, sillas, macetas, tapas, gavetas, canastos, envases,</p>

	<p>jeringuilla.          Cuando el plástico se reblandece lo suficiente, el tornillo sinfín lo inyecta a alta presión en el interior de un molde de acero para darle forma.</p>	<p>Consta principalmente de tobera, tornillo de empuje, válvula de retención, bandas de calefactoras y cilindro hidráulico.</p> <p>Durante la fase de plastificación el extremo de salida y el tornillo acumulan una reserva o carga de material fundido al frente, el tornillo se mueve hacia atrás en contra del frente de presión mientras gira, con lo cual empuja el material hacia la parte frontal y a su vez ayuda a fundirlo con el rozamiento que genera. Cuando se completa la etapa de plastificación, se abre la válvula de retención de flujo, el tornillo detiene su giro y se le aplica presión que lo convierte en un embolo o pistón que impulsa el material fundido acumulado, a través de la boquilla hacia el molde, que se encuentra montado en la placa porta moldes.</p> <p><b>Molde.</b> Es sujetado en la unidad de cierre por medio de tornillos, para permitir su fácil instalación, entre la placa fija y la placa móvil de la unidad de cierre. Consta de una cavidad, canales, canales de enfriamiento y expulsos.</p> <p><b>Unidad de potencia.</b> Es el sistema que suministra la potencia necesaria para el funcionamiento de la unidad de inyección y de la unidad de cierre.</p>	<p>jarras, etc.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------

		<p><b>Unidad de control.</b> Este sistema básicamente contiene un controlador lógico programable (PLC) y controladores PID para las resistencias eléctricas del barril y de la boquilla. El PLC permite programar la secuencia del ciclo de inyección y recibe señales de alarma, por sobrepresión o finales de carrera, para detener el ciclo.</p>		
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Fuente: Los autores, 2012, usando como fuente de información *Curso de Procesos de manufactura de Plásticos – Protocolo*, Laboratorio de producción, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2007-2 y

[http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes\\_inyeccion/unidad\\_2/maquina.html](http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_2/maquina.html), mayo de 2013.

1.5.3.4 Procesos de conversión del plástico. La descripción de los procesos de conversión de plásticos permite identificar el mejor proceso que se deberá implementar en el laboratorio propuesto, es por ello que se presenta la tabla 7:

**Tabla 7. Procesos de conversión de plásticos**

TIPO DE PROCESO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL EMPLEADO	MAQUINARIA	PRODUCTOS
TERMOFORMADO	<p>Es un proceso en el cual se usa una lámina plana extruida de material termoplástico para darle la forma deseada.</p> <p>El termo formado consta de dos pasos principales: calentamiento y formado. La duración del ciclo de calentamiento necesita ser suficiente para ablandar la lámina.</p>	Termoplásticos	Máquina de termoformado	Envases, especialmente para la industria alimentaria, piezas de grandes superficies y con paredes estrechas, como paneles de

				puertas de carros, bañeras, etc., artículos de señalización, juguetes, vajillas, entre otros.
TERMO ENCOGIDO	<p>Es el proceso mediante el cual se envuelve o recubren productos con película que se retrae por efecto de la temperatura. Este proceso puede ser manual o automatizado.</p> <p>Finalmente en el proceso de termo encogido se pasa el producto por un túnel o cámara de aire la cual encoge mediante calor la película plástica, ésta toma la forma de los productos contenidos evitando la fricción entre ellos.</p>	Termoplásticos	Túnel de termoencogido	Moldes, empaques para productos de promoción, recubrimiento de productos sueltos o empacados en cartones como libros, revistas, juguetes, medicamentos, etc.
TERMO SELLADO	<p>El Termo sellado de envases es un proceso en el que unos envases preformados se llenan con producto y se cierran mediante la aplicación de presión y calor a un film plástico, que hará la función de tapa del envase. También consiste en la creación de envoltorios, usando una película plástica a la cual se la aplica calor mientras entra en contacto con el producto, haciendo que se contraiga herméticamente.</p>	Termoplásticos	Equipo de termosellado	Envoltura para productos alimenticios, publicitarios, libros, envases, juguetes, etc.

	Este proceso se puede combinar para empaques flexibles, rígidos y semirrígidos.			
--	---------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

Fuente: Los autores, 2012, a partir de la Propuesta para la implementación de un laboratorio de procesos en ingeniería industrial de carácter multidisciplinario presentada por Tecilink a la Universidad Libre, 2012.

Además es importante diferenciar los tipos de plásticos con el fin de determinar las materias primas más adecuadas en el proceso del laboratorio (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Plásticos más representativos en la era del siglo XX

TIPOS DE PLÁSTICOS	USOS Y APLICACIONES	IMPACTO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
<p><b>POLICLORURO DE VINILO(PVC)</b></p> 	<p><b>Construcción:</b> Tubos de agua y desagüe, ventanas, puertas, persianas, zócalos, pisos, paredes.</p> <p><b>Packaging:</b> Botellas de agua y jugos, frascos y potes.</p> <p><b>Electricidad y Electrónica:</b> Recubrimiento de cables de diferentes tipos.</p> <p><b>Automotriz:</b> Tapicería, paneles, protección anticorrosiva.</p>	<p>Cancerígeno, induce defectos de nacimiento, daños en los riñones y otros órganos, hemorragias internas y trombos.</p> <p>La combustión de estos residuos genera gases extremadamente tóxicos.</p>	<p>Aunque se tomaran las medidas necesarias para su manipulación de acuerdo con la norma ISO 15270, el impacto ambiental es muy alto, por lo cual no se tendrá en cuenta como materia prima.</p>
<p><b>TEFLÓN</b></p> 	<p><b>Utensilios de cocina:</b> Sartenes, cacerolas, etc.</p> <p><b>Industria automotriz:</b> Frenos mangueras, filtros de aceite.</p> <p><b>Industria eléctrica y electrónica:</b> Revestimiento de cables</p>	<p>En el caso de los productos como las sartenes cuándo son revestidas de teflón llegan a temperaturas superiores a 260 grados empiezan a descomponerse</p>	<p>Aunque se tomaran las medidas necesarias para su manipulación de acuerdo con la norma ISO 15270, el impacto ambiental es muy</p>



TIPOS DE PLÁSTICOS	USOS Y APLICACIONES	IMPACTO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
	<p><b>Medicina:</b> Fabricación de prótesis.</p> <p><b>Biología:</b> Producción de pinturas, grasas y aceites lubricantes.</p>	<p>liberan gases tóxicos que pueden matar a un ave y en humanos puede causar cáncer.</p>	<p>alto, por lo cual no se tendrá en cuenta como materia prima.</p>
<p><b>BAKELITA</b></p> 	<p><b>Hogar:</b> Como carcasas de teléfonos y radios, asas de cacerolas, planchas</p> <p><b>Industria eléctrica:</b> Aislante de alta tensión, térmico y eléctrico.</p> <p><b>Mecánica:</b> Soportes para carretes. Pértigas, protección de tornillos.</p>	<p>Presentan una gran resistencia a la degradación ambiental y a la biodegradación.</p>	<p>Aunque se tomaran las medidas necesarias para su manipulación de acuerdo con la norma ISO 15270, el impacto ambiental es muy alto, debido a que su degradación demora mucho tiempo, por lo cual no se tendrá en cuenta como materia prima.</p>
<p><b>KEVLAR</b></p> 	<p>Chalecos y cascos antibalas</p> <p>Cables ópticos</p> <p>Cordones para escalas</p> <p>Llantas</p> <p>Partes de aviones</p> <p>Naves espaciales</p>	<p>Problemas de residuos sólidos difíciles de ser eliminados. No son reciclables.</p>	<p>Por ser materiales no reciclables no pueden ser usados como materia prima.</p>
<p><b>NOMEX</b></p> 	<p>Ropa protectora anti incendios</p> <p>Aislante eléctrico en trenes</p> <p>Utilizado en transformadores y motores</p> <p>Conducciones eléctricas</p>	<p>Problemas de residuos sólidos difíciles de ser eliminados. No son reciclables.</p>	<p>Por ser materiales no reciclables no pueden ser usados como materia prima.</p>
<p><b>NYLON 6</b></p>	<p>Cerdas de cepillos de dientes</p>	<p>Problemas de residuos</p>	<p>Por ser materiales</p>

TIPOS DE PLÁSTICOS	USOS Y APLICACIONES	IMPACTO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
	<p>Fabricación de calcetería</p> <p>Fabricación de hilos de: rosca, cuerdas, filamentos, redes, cuerdas de neumáticos.</p>	<p>sólidos difíciles de ser eliminados. No son reciclables.</p>	<p>no reciclables no pueden ser usados como materia prima.</p>
<p><b>NYLON 610</b></p> 	<p>Cintas impresoras</p> <p>Brydas de nylon</p> <p>Hilos sintéticos</p>	<p>La producción de nylon 610 implica emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que ya se está produciendo nylon 610 de origen orgánico con una reducción de casi el 50% de dichas emisiones en el proceso de su producción.</p>	<p>Aunque se tomaran las medidas necesarias para su manipulación de acuerdo con la norma ISO 15270, el impacto ambiental es muy alto, debido a que su degradación demora mucho tiempo, por lo cual no se tendrá en cuenta como materia prima.</p>
<p><b>NYLON 66</b></p> 	<p>Automovilístico.- engranajes, cojinetes, poleas, ruedas, ruedas de cadena, engranaje auto lubricados, sellos, partes de válvulas, arandelas, piezas, etc.</p>	<p>Problemas de residuos sólidos difíciles de ser eliminados. No son reciclables.</p>	<p>Por ser materiales no reciclables no pueden ser usados como materia prima.</p>
<p><b>POLIESTIRENO</b></p> 	<p>Fabricación de empaques y embalajes.</p> <p>Como aislante térmico y acústico.</p> <p>Vasos térmicos</p> <p>Cajas térmicas, para congelamiento.</p> <p>Electrodoméstico como los</p>	<p>En la fabricación de estos, ya que tiene efectos cancerígenos.</p> <p>En la actualidad la contaminación por residuos de materia prima ha disminuido por el reciclaje de</p>	<p>Aunque se tomaran las medidas necesarias para su manipulación de acuerdo con la norma ISO 15270, el impacto ambiental es muy</p>

TIPOS DE PLÁSTICOS	USOS Y APLICACIONES	IMPACTO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
	paneles.	estos.	alto, debido a que su degradación demora mucho tiempo, por lo cual no se tendrá en cuenta como materia prima.
<p style="text-align: center;"><b>POLICARBONATO</b></p> 	<p><b>Óptica:</b> Usado para crear lentes para todo tipo de gafas.</p> <p><b>Electrónica:</b> Se utilizan como materia prima para CD, DVD y algunos componentes de los ordenadores.</p> <p><b>Seguridad:</b> Cristales antibalas y escudos anti-disturbios de la policía.</p> <p><b>Diseño y arquitectura:</b> Cubrimiento de espacios y aplicaciones de diseño.</p>	<p>Pueden ser reciclados.</p>	<p>Son materiales que, según la norma ISO 15270 pueden ser utilizados para el reciclaje, sin embargo, sus propiedades químicas no son aptas para la producción de empaques.</p>
<p style="text-align: center;"><b>POLIETILENO</b></p> 	<p><b>Electricidad:</b> Cables aislante</p> <p><b>Embalaje:</b> Envases, vasijas tuberías para diversos tipos de industria.</p> <p><b>Comercio:</b> Plásticos, revestimiento del papel</p>	<p>El proceso de elaboración grandes emisiones gases de invernadero. En razón a que el producto final no era reciclable, los problemas de gestión de residuos sólidos eran muy complejos. En la actualidad se están desarrollando tecnología que permite reciclar químicamente no sólo al Polietileno.</p>	<p>Dadas las propiedades químicas de este material y sus posibles usos se puede utilizar como materia prima para el laboratorio de plásticos, en este caso es importante tener en cuenta las medidas de protección necesarias para su</p>

TIPOS DE PLÁSTICOS	USOS Y APLICACIONES	IMPACTO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
			manipulación, según la norma ISO 15270.
<p><b>POLIPROPILENO</b></p> 	<p>Autopartes de autos, baldes, recipientes, botellas, juguetes, debido a que pueden ser moldeados por inyección, por soplado y termoformado.</p> <p>Películas para envases de alimentos bioorientados (Cast film, blown film).</p> <p>Fibras y filamentos, fondo de alfombras.</p> <p>Pañales, toallas higiénicas, ropa.</p>	<p>El proceso de elaboración grandes emisiones gases de invernadero. En razón de que el producto final no era reciclable, los problemas de gestión de residuos sólidos eran muy complejos. En la actualidad se están desarrollando tecnología que permitirá reciclar químicamente no sólo al Polietileno</p>	<p>Dadas las propiedades químicas de este material y sus posibles usos se puede utilizar como materia prima para el laboratorio de plásticos, en este caso es importante tener en cuenta las medidas de protección necesarias para su manipulación, según la norma ISO 15270.</p>

Fuente: Página de Internet de Knol Beta. <http://knol.google.com/k/jorge-luis-bre%C3%B1a-or%C3%A9/los-pl%C3%A1sticos-en-el-siglo-xxi/2ydkxmcacjfn6/57#>. Agosto de 2012.

1.5.4. Marco Conceptual. Es importante definir los términos básicos que van a ser utilizados en el presente trabajo de grado con el fin que cualquier lector se familiarice con el tema de estudio.

**Auditoría:** Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los criterios de auditoría. Tomado de la NTC ISO 9000:2005.

**Control de la calidad:** Parte de la gestión de la calidad (3.2.8) orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad. Tomado de la NTC ISO 9000:2005.

**Documento:** Información y su medio de soporte. Tomado de la NTC ISO 9000:2005.

**Eficacia:** Extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados. Tomado de la NTC ISO 9000:2005.

**Eficiencia:** Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados. Tomado de la NTC ISO 9000:2005.

**Ensayo/prueba:** Determinación de una o más características de acuerdo con un procedimiento. Tomado de la NTC ISO 9000:2005.

**Extrusión:** Es un proceso continuo, que consiste en forzar el paso del material previamente fundido a través de un molde cuya forma nos permite obtener el producto que deseamos, los productos obtenidos pueden ser rollos, láminas, tubos, perfiles, filamentos o pellets. Tomado de propuesta presentada por Teclink a la Universidad Libre.

**Inspección:** Evaluación de la conformidad por medio de observación y dictamen, acompañada cuando sea apropiado por medición, ensayo/prueba o comparación con patrones. Tomado de la NTC ISO 9000:2005.

**Inyección:** Es el proceso cíclico en el cual el polímero previamente fundido obtiene la forma deseada que es grabada en las cavidades de un molde, se procesa en diferentes etapas que conforman el ciclo de inyección tomando la forma de la cavidad en que se solidifica. Tomado de propuesta presentada por Teclink a la Universidad Libre.

**Laboratorio:** Es un lugar que cuenta con las instalaciones, equipos y medios necesarios para llevar a cabo experimentos que hacen parte de investigaciones de tipo científico.

**Proceso:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. Tomado de la NTC ISO 9000:2005

**Producto:** Resultado de un proceso. Tomado de la NTC ISO 9000:2005.

**Reciclaje:** El reciclaje es un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto

**Registro:** Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas. Tomado de la NTC ISO 9000:2005.

**Seguridad industrial:** Ciencia que se ocupa de presentar los lineamientos necesarios para el manejo de los riesgos que se presentan para los seres humanos en el desarrollo de sus actividades laborales.

**Termosellado:** El Termo sellado de envases es un proceso en el que unos envases preformados se llenan con producto y se cierran mediante la aplicación de presión y calor a un film plástico, que hará la función de tapa del envase. Tomado de propuesta presentada por Teclink a la Universidad Libre.

**Verificación:** Confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados. Tomado de la NTC ISO 9000:2005.

## **2. EVALUAR LA SITUACIÓN ACTUAL DEL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN, DE ACUERDO A LAS NECESIDADES PEDAGÓGICAS DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Las bases necesarias para poder definir un proceso productivo integral que se adecúe a las necesidades del programa, se encuentran en el conocimiento y descripción de la situación actual del sector, describiendo algunos casos del uso de estas herramientas como soporte pedagógico y del laboratorio con una recolección de información primaria sobre las características y posibles usos del mismo.

### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL SECTOR**

En la academia las prácticas de laboratorio, a través del ensayo y error, le brindan al estudiante la posibilidad de desarrollar competencias que les permiten desempeñarse de manera exitosa en el campo laboral. Es por esto que diversos organismos tanto nacionales como internacionales, han planteado una serie de recomendaciones que buscan garantizar que los planes de estudio de los distintos programas universitarios concedan a los estudiantes habilidades prácticas y analíticas, por medio del cumplimiento de los requisitos que deben seguir los laboratorios.

En este sentido, se puede mencionar a La Comisión de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología – ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), la agencia de acreditación de programas de Ingeniería más importante a nivel mundial, cuya sede está en la ciudad de Baltimore, Estados Unidos; la cual establece en los Criterios para la Acreditación de los Programas de Ingeniería 2012 – 2013 en el punto 7. *“Criterios Generales. Instalaciones: Salones de clases, oficinas, laboratorios y equipo asociado, deben ser adecuados para soportar el logro de los objetivos de los estudiantes y suministrar una atmósfera*

*propicia para el aprendizaje”, es por ello que, se plantea la mejora del proceso llevado a cabo en el laboratorio de la Universidad Libre teniendo en cuenta estos criterios y otros tales como: “Herramientas modernas, equipos, recursos informáticos y laboratorios apropiados para el programa, que deben estar disponibles, accesibles y sistemáticamente mantenidos y actualizados, que permitan a los estudiantes alcanzar sus logros y que soporten las necesidades del programa. Los estudiantes deben ser previstos de una guía adecuada respecto al uso de herramientas, equipos, recursos computarizados y laboratorios disponibles para el programa.*

Así mismo, el Consejo Nacional de Acreditación del Ministerio de Educación de Colombia dispone como una Característica de Calidad en los “Lineamientos para la Acreditación de Programas Académicos de Pregrado”:

*“CARACTERÍSTICA 31: Recursos de apoyo docente*

*El programa, de acuerdo con su naturaleza y con el número de estudiantes, cuenta con recursos de apoyo para el desarrollo curricular tales como talleres, laboratorios, equipos, medios audiovisuales, sitios de práctica, estaciones y granjas experimentales, los cuales son suficientes, actualizados y adecuados.*

Uno de los aspectos que deben ser evaluados, específicamente en el tema de laboratorios, es: *“Laboratorios y talleres suficientemente dotados con equipos y materiales adecuados y actualizados, según la naturaleza, metodología y exigencias del programa, y que cumplen las normas sanitarias y de bioseguridad previstas en la ley o en los reglamentos.”<sup>26</sup>*

En Colombia, los laboratorios como mecanismo de aprendizaje en el sector educativo, específicamente en las universidades, han cobrado una gran

---

<sup>26</sup> CONSEJO NACIONAL DE ACREDITACIÓN (CNA). Lineamientos para la acreditación de programas académicos de pregrado. Bogotá D.C.: 2006, p. 101.



importancia y un ejemplo de esto es que en el primer semestre del año 2008 se llevó a cabo en la Universidad Nacional del Medellín una reunión con los Directores de Laboratorios de las universidades que integran el G8 (Universidades de Antioquia, de Medellín, Eafit, Pontificia Bolivariana, CES, Corporación Universitaria Lasallista, la Escuela de Ingenierías de Antioquia y Nacional de Colombia), en la cual se pretendían crear las herramientas que permitieran una cooperación interinstitucional en el uso de la estructura física de los Laboratorios y equipos, buscando beneficios de tipo académico y lograr avances en proyectos investigativos. Esta reunión concluyó con el establecimiento de una prueba piloto en la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, donde un grupo de estudiantes de Corporación Universitaria Lasallista hicieron una serie de experimentos en el Laboratorio de Análisis Instrumental; dando esto como resultado una práctica enriquecedora donde los estudiantes visitantes tuvieron la oportunidad de interactuar con equipos de última tecnología.

En noviembre de 2011 el Centro de Laboratorios de la Universidad de Medellín recibió la condecoración Orquídea Concejo de Medellín, en el mérito Ecológico y Cívico, por los logros obtenidos y su impacto social en el medio, convirtiéndose éste en un centro de apoyo para distintas áreas del conocimiento en los proyectos que van de la mano con la misión del ente educativo, los cuales tienen como base la docencia y la investigación. En el marco de la docencia ha tenido una gran influencia a través del aprovechamiento de los diversos laboratorios que conforman el G8, brindándole a los estudiantes la ocasión de acceso a la infraestructura del Centro, consiguiendo la optimización de los recursos e incubando profesionales que gozan de condiciones equitativas, y por más, sustentando la importancia que ha logrado el G8 de Laboratorios en el plano académico Antioqueño.

Complementario a esto, en el 2010, se inició en Medellín el Proyecto Ruta N, a través del cual *“la administración local, los empresarios y los académicos se unen*

*para impulsar el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación; buscando a través de estos tres ejes potenciar la competitividad de la ciudad y la región".* Para desarrollar este proyecto es indispensable contar con la participación de las Universidades pertenecientes al G8, por medio de Proinnova, proyecto que busca la creación de nuevas empresas, usando como base la transferencia tecnológica y los resultados de la investigación.

Actualmente en Colombia los entes universitarios cuentan con laboratorios que apoyan el proceso enseñanza-aprendizaje en las Facultades de Ingeniería, pero no existe un laboratorio común para todas, sólo coinciden en ciertas características.

En esta sección se mencionarán las características que presentan los laboratorios de polímeros o transformación de plástico de las Facultades de Ingeniería de ciertas universidades, las cuales fueron consultadas a través de visitas programadas o información disponible en la página web de cada una.

Los criterios que se tuvieron en cuenta al momento de escoger las universidades consultadas fueron los siguientes:

- Cuenten con Facultad de Ingeniería
- Desarrollen prácticas con polímeros
- Cuenten con acreditación en alta calidad

Con esta valoración las Universidades escogidas fueron:

- Universidad Nacional de Colombia
- Universidad de los Andes
- EAFIT
- Universidad Central

- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
- Universidad Javeriana

2.1.1. Universidad Nacional de Colombia. Esta institución, de gran reconocimiento nacional e internacional cuenta con el Sistema Nacional de Laboratorios, el cual representa un rico patrimonio científico y tecnológico entre laboratorios y equipos de última tecnología en muchas disciplinas. El Sistema está conformado por una red de laboratorios que se extiende a nivel nacional en las sedes de Arauca, Bogotá, Manizales y Medellín.

Entre esta red de laboratorios, se destaca el Laboratorio de Polímeros, perteneciente a los Laboratorios de Ingeniería Química y Ambiental, cuya misión es *“Apoyar científica y tecnológicamente la formación de estudiantes de Pregrado y Postgrado mediante la realización de pruebas y ensayos en el área de polímeros.”*<sup>27</sup>

Complementario a esto, el Departamento de Ingeniería Química y Farmacia dispone de un equipo de investigación, cuyo trabajo está enmarcado en la caracterización y aplicación de biomateriales poliméricos, el cual está siendo liderado por el Ingeniero Jairo Ernesto Perilla, Director del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

2.1.2. Universidad de los Andes.

La Facultad de Ingeniería cuenta con 44 laboratorios, distribuidos de la siguiente manera:

Ingeniería Civil y Ambiental: 12  
 Ingeniería Eléctrica y Electrónica: 12  
 Ingeniería Mecánica: 13

---

<sup>27</sup> Disponible desde Internet en: [http://www.ing.unal.edu.co/site/htm/iei/quimica/laboratorios/lab\\_cat\\_ot.html](http://www.ing.unal.edu.co/site/htm/iei/quimica/laboratorios/lab_cat_ot.html). Agosto de 2012.

Ingeniería Química: 5

Ingeniería de Sistemas y Computación: 2

El departamento de ingeniería mecánica cuenta con laboratorio de simulación en procesos de polímeros, por medio del cual los estudiantes pueden representar los procesos que diariamente se desarrollan en el sector industrial, particularmente en la transformación del plástico. Para lograr esto, dispone de una serie de equipos necesarios en los procesos de alteración de este material.

2.1.3.EAFIT – Medellín. Esta universidad posee el taller de procesamiento de plásticos que tiene como objetivo apoyar las clases teóricas, los diversos proyectos y semilleros de investigación, y proyectos de grado y maestría. Complementario a esto, EAFIT brinda, en asocio con el Instituto de capacitación e investigación de plástico y del caucho – ICIPC una especialización en procesos de transformación del plástico y del caucho.

2.1.4.Universidad Central. La Facultad de Ingeniería atesora en el laboratorio de desarrollo tecnológico la sala de manufactura de plásticos, donde se ejecutan prácticas relacionadas con los distintos procesos de transformación del plástico, como inyección, compresión y procesamiento de materiales reforzados.

La Universidad Central aplica la integralidad de distintas asignaturas y programas, que puede servir como guía al momento de incorporar el nuevo plan curricular a las prácticas de laboratorio de la Universidad Libre, como parte del desarrollo de este proyecto.

2.1.5.Pontificia Universidad Javeriana. Esta Universidad no cuenta con laboratorio que se dedique exclusivamente a la transformación de polímeros, pero se considera pertinente mencionar el estado de sus laboratorios.

La Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, actualmente ofrece la oportunidad de interactuar con una realidad simulada a través del Centro de Estudios de Ergonomía y el Centro Tecnológico de Automatización Industrial – CTAI por medio del desarrollo de prácticas de laboratorio, los cuales prestan los siguientes servicios:

- Formación académica dirigida a dos receptores, a nivel interno, a los estudiantes de Pregrado y Postgrado del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Javeriana, los cuales deben cumplir con el desarrollo práctico de las asignaturas del programa; y a nivel externo, a otras universidades tanto nacionales como internacionales y empresas del sector industrial y de servicios, que buscan que sus estudiantes y empleados, apliquen de manera práctica los conocimientos que adquieren de forma teórica.
- Consultoría a empresas del sector industrial y de servicios
- Investigación en temas relacionados al sector de la producción
- Capacitación a las empresas
- Cursos de formación en asocio con distintas instituciones

La mejor carta de presentación del CTAI es la certificación de su Sistema de Calidad en cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO 9001:2008, cuyo alcance está determinado por *“prestación de servicios para el desarrollo de prácticas de laboratorio relacionadas con los temas de diseño y manufactura asistida por computador y automatización industrial y es válida por un período de tres años hasta el 19 de Agosto de 2012”*<sup>28</sup>.

2.1.6. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Esta escuela dispone de un laboratorio de producción que posee un área de manufactura, metrología,

---

<sup>28</sup> Disponible desde Internet en: [http://puj-portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto\\_indust\\_laboratorios\\_ctai](http://puj-portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto_indust_laboratorios_ctai). Agosto de 2012.

polímeros, análisis de operaciones industriales, simulación, ergonomía e investigación en rodamientos NSK.

De acuerdo a entrevista realizada al Jefe de Laboratorios el pasado 05 de Marzo de 2012, en las instalaciones de la Escuela, se presenta la forma en que opera:

Los estudiantes de Ingeniería Industrial se acercan a hacer las prácticas en el laboratorio de polímeros teniendo en cuenta que conocen el proceso de forma general, en un día de 3 horas de trabajo hacen inyección en 1.5 horas y 1.5 horas de extrusión de bolsas o películas, significando esto que el proceso que ejecutan es parcial por máquina.

Recientemente se inició un proceso de implementación para la prestación de servicios a la Industria en ensayos destructivos de materiales y para eso adquirieron una máquina para trabajar con materiales plásticos.

Este laboratorio es prestado para que se desarrollen proyectos de investigación y/o tesis de grado, y para fomentar este tipo de proyectos la Escuela otorga contribuciones de tipo económicas.

Para la Escuela es muy importante que sus estudiantes de Ingeniería, especialmente los de Industrial, conozcan los procesos desde distintos ángulos y en palabras del jefe de laboratorios de procesos industriales *“deben estar familiarizados con todos los procesos, conozcan los materiales; es un primer paso para que se pongan los zapatos de un técnico y se den cuenta que eso no es fácil”*.<sup>29</sup> Esto permite acercar al estudiante a una realidad simulada y para esto recurre a la integralidad de distintas asignaturas del programa de ingeniería industrial en los laboratorios de procesos industriales y entre las que se pueden

---

<sup>29</sup> Entrevista con Alejandro Puentes Parodi, Jefe de Laboratorios Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, 02 de marzo de 2012.

mencionar: Materiales, procesos de manufactura, estudio del trabajo, ergonomía y diseño de producto.

Los EPP son de uso obligatorio; la Escuela suministra overoles y si la práctica lo requiere, guantes y caretas; pero los estudiantes son responsables por traer sus gafas y botas de seguridad.

En caso de presentarse un accidente en el laboratorio, cuentan con el apoyo del COPASO y con el área de salud ocupacional, contando con la asistencia de un médico, enfermera y ambulancia. Aunque en 10 años de funcionamiento, aún no han tenido algún percance que lamentar. Cuentan con botiquín, pero sólo para caso de heridas leves; de ser necesario el suministro de un medicamento, remiten al estudiante con el médico o éste se acerca hasta las instalaciones del laboratorio.

Existe un protocolo para el uso seguro del laboratorio llamado reglamento de seguridad de laboratorios, el cual fue elaborado en conjunto con ingenieros industriales de mucha experiencia y ciertos estudiantes. Es indispensable que los estudiantes lean e interioricen este reglamento al momento hacer su primera práctica.

No existe estrategia de capacitación para el manejo de máquinas y herramientas dirigida a los docentes porque no lo consideran necesario, debido a que los instructores cuentan con amplia experiencia y se apoyan en los tres Técnicos de Laboratorio, quienes adoptan la figura de Instructor de Apoyo.

La Escuela quiere llegar, según las palabras del Técnico de Laboratorio Marco Aurelio Saavedra *“el objetivo es que un Ingeniero debe ser una persona estructurada, conocedor de su materia y el desarrollo de los procesos básicos para tener la experiencia laboral y saber cómo mejorar; en el caso del Industrial,*

*optimizar áreas de producción, y obviamente el industrial debe saber manejar los recursos tanto técnicos, y también administrar diferentes materiales y conocer las diferentes especialidades de Ingeniería para pues sacar el mayor provecho*<sup>30</sup>

El objetivo del uso de los laboratorios es de tipo académico porque actualmente no cuentan con la infraestructura, necesitarían más personal de apoyo técnico especializado y un espacio más grande y por supuesto se requiere de la compra de más máquinas; pero eso no significa que no presten servicios al interior de la Escuela. La Escuela pretende en un futuro prestar servicios de investigación, especialmente en el sector de los plásticos, ya que han detectado que existen ciertas debilidades que quieren atacar.

Cuentan con una inyectora, la cual fue el resultado del proyecto de un grupo de estudiantes de ingeniería mecánica de la universidad nacional, pero actualmente se encuentra averiada y planean comprar una nueva. También cuentan con una máquina extrusora, pero su enfoque principal está en la peletizadora, ya que ésta les permite hacer el reciclaje de plásticos, de una forma más eficiente.

Para concluir, actualmente en el territorio Colombiano no existe un estándar de laboratorio para desarrollar clases prácticas en las universidades, pero si un objetivo común, como es el de otorgarle a los estudiantes la posibilidad de encarar de manera directa, a través de simulación, la realidad de la industria y de esta manera, desarrollar las competencias que desde la inmediatez de su actividad profesional, contribuyan al crecimiento del país. Esta falta de estandarización se debe a que cada ente educativo cuenta con un contenido académico específico por cada programa y cuentan con plena autonomía para desarrollarlo y modificarlo. Es por esto que a través de este proyecto se propondrá un proceso productivo que saque el mayor provecho del laboratorio de plásticos e integre la

---

<sup>30</sup> Entrevista con Marco Aurelio Saavedra, Técnico de Laboratorio Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, 02 de marzo de 2012.



mayor cantidad de asignaturas de los distintos programas de Ingeniería de la Universidad Libre, en su sede de Bogotá.

## 2.2 SITUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD LIBRE

Para desarrollar este punto se empleó como herramienta de diagnóstico un Análisis DOFA, se revisó el inventario suministrado por el Jefe de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre, el Ingeniero Juan Carlos Santiago; su última actualización fue hecha en el 2010; se hizo una revisión de la estructura física del laboratorio de procesos industriales y se analizaron las estadísticas de uso de los años 2010 y 2011 por periodo y se identificó la percepción que tienen los estudiantes del Programa de Ingeniería Industrial de 4° a 10° frente al servicio que prestan los laboratorios de la facultad.

2.2.1. Inventario. De acuerdo a información suministrada por el Jefe de Laboratorios de la Universidad Libre – Sede Bosque Popular, los laboratorios que corresponden al programa de ingeniería industrial son máquinas y herramientas y procesos industriales (Plásticos, molienda y madera).

Según información suministrada por la auxiliar de laboratorio Andrea Mazo, el último inventario realizado a los laboratorios que corresponden a Ingeniería Industrial tiene fecha 22 de noviembre de 2010 (Ver Anexo A), como el objeto de estudio de este proyecto es el laboratorio de plásticos, los investigadores se centraron en el inventario de éste, el cual al año 2010 era:

Tabla 9. Inventario laboratorio de procesos industriales - plásticos

LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES	
PLÁSTICOS	
NOMBRE	CANTIDAD
Prensa de volante	1
Empacadora por medio de plástico termoencogible	1
Inyectora de plástico	1
Troqueladora hidráulica	1
Tren de laminación en frío	1
Recicladora de papel	1
Marmita	2
Banda transportadora	1
Balanza electrónica	1

Fuente: Los autores, 2012.

Como no se cuenta con información actualizada, se presume que al año 2012 aún se cuenta con este equipamiento.

2.2.2.DOFA. Para realizar el siguiente análisis DOFA se tuvieron en cuenta ciertos factores y a través de la observación, entrevistas y consulta de distintas fuentes se adelanta a través de las Tablas resumen 10 y 11, un diagnóstico de la situación del Laboratorio de Procesos Industriales – Plástico y posteriormente se dará una explicación de cada aspecto.

Tabla 10. Resumen Análisis DOFA – Debilidades y Fortalezas

FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LABORATORIOS UNILIBRE			
Factores Internos	Descripción y Análisis	DEBILIDAD	FORTALEZA
Gestión de Recurso Humano	Selección	X	
	Capacitación	X	
	Nivel de formación		X
	Sistema de evaluación		X

<b>FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LABORATORIOS UNILIBRE</b>			
<b>Factores Internos</b>	<b>Descripción y Análisis</b>	<b>DEBILIDAD</b>	<b>FORTALEZA</b>
	Sistema de recompensas	X	
	Remuneración	X	
	Comunicación interna	X	
	Capacidad operativa	X	
Factores o Capacidades Técnicas	Nivel tecnológico (Actualidad del equipamiento.)	X	
	Instalaciones (Estado de las instalaciones)	X	
	Procesos y métodos (Identificación de procesos y disponibilidad de procedimientos)	X	
	Mantenimiento (Correctivo y preventivo de instalaciones)	X	
	Productividad (De la mano de obra.)	X	
	Calidad objetiva, (Determinación de estándares)	X	
	Espacio, distribución y capacidad de las instalaciones.	X	
Factores o Capacidades Comerciales	Marcas y protección de las mismas. (Marca registrada)		X
	Publicidad y promoción. (Plan de promoción del laboratorio definido)	X	
	Comunicación de la Facultad (Hacia todos los grupos de interés).	X	
	Imagen de los laboratorios (Identidad)	X	
	Notoriedad del laboratorio (Posicionamiento)	X	
Factores o Capacidades Financieras	Rentabilidad económica (Sobre la inversión total)		X

<b>FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LABORATORIOS UNILIBRE</b>			
<b>Factores Internos</b>	<b>Descripción y Análisis</b>	<b>DEBILIDAD</b>	<b>FORTALEZA</b>
	Rentabilidad financiera (Sobre fondos propios)		X
	Solvencia e independencia financiera. Nivel de endeudamiento.		X
	Capacidad financiera. (Posibilidad de conseguir los recursos financieros necesarios).		X
	Riesgo de la inversión. (Alto, medio, bajo)		X

Fuente: Los autores, 2012.

Tabla 11. Resumen Análisis DOFA – Oportunidades y Amenazas

<b>OPORTUNIDADES Y AMENAZAS DE LABORATORIOS UNILIBRE</b>			
<b>Análisis Externo</b>	<b>Descripción y Análisis</b>	<b>OPORTUNIDAD</b>	<b>AMENAZA</b>
Factores del mercado	Acreditación alta calidad	X	
	Tiempo de Uso	X	
	Proyecto Educativo	X	
	Malla curricular	X	
	Desarrollo tecnológico Industrial	X	
Factores competitivos	Grado de Concentración (Pocos competidores concentrados o muchos competidores atomizados)	X	
Factores económicos y gubernamentales	Inflación		X
	POT		X
	Disponibilidad de mano de obra	X	
	Apoyo Gubernamental	X	
Factores	Avance	X	

OPORTUNIDADES Y AMENAZAS DE LABORATORIOS UNILIBRE			
Análisis Externo	Descripción y Análisis	OPORTUNIDAD	AMENAZA
tecnológicos	Complejidad (Nivel de complejidad de las nuevas tecnologías requeridas por el sector)	X	
Factores Medioambientales	Inundaciones		X

Fuente: Los autores, 2012.

### 2.2.2.1 Debilidades

#### 2.2.2.1.1 Gestión del Recurso Humano.

- Sistema de recompensas: Teniendo en cuenta el documento “Evaluación de la estructura organizacional de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre” elaborado por la estudiante Deisy Janeth Herrera en el año 2010, en la ciudad de Bogotá; los funcionarios pertenecientes al área de Laboratorios manifiestan una gran inconformidad por no recibir ningún incentivo y por el contrario ser responsables por tareas ajenas a su cargo.
- Remuneración: El personal se siente inconforme por el salario que perciben, teniendo en cuenta que asumen funciones que no corresponden a su cargo y son exclusivas de los coordinadores, según la descripción de cargo de la universidad, actualmente no hay profesionales que ocupen estos cargos.
- Comunicación interna: Se puede decir que esta sección presenta una gran debilidad ya que al momento de iniciar esta investigación no existía una comunicación clara y fluida entre la decanatura y la jefatura de los laboratorios, en tanto que el segundo, al parecer, no estaba enterado de la compra de un nuevo laboratorio y esto se acompaña de la falta de colaboración y trabajo en equipo entre la autoridad superior, en este caso el Decano de la Facultad de Ingeniería y el resto del personal que integra el grupo de laboratorios; es latente

que trabajan de formas separadas. Tampoco existe comunicación con los diferentes programas y eso se puede ver cuando no se da una coordinación al momento de programar las prácticas de los estudiantes, generándose traumatismos.

- Capacidad operativa: Por el largo tiempo que el personal lleva trabajando con los Laboratorios y el conocimiento de la Institución, se puede afirmar que tienen la capacidad operativa, pero esto debe ir acompañado de un proceso formativo y de actualización continua.

A esto se puede agregar que no hay una total coincidencia entre el organigrama planteado por la Universidad Libre (Ver Anexo B: Organigrama Laboratorios Facultad de Ingeniería) y la realidad, ya que según la institución deben existir trece cargos, entre los que se incluyen tres Coordinadores por tipo de Laboratorio, los cuales en este momento no están siendo ocupados por alguien en particular, pero las funciones creadas para este puesto, están siendo desarrolladas por los auxiliares. También se puede mencionar que la Jefatura se mantiene realizando actividades de supervisión, las cuales por no hacer parte de sus funciones, desvían su foco de atención en los planes, programas y proyectos que garanticen un mejor servicio.

#### 2.2.2.1.2 Factores o capacidades técnicas.

- Nivel tecnológico (Actualidad del equipamiento.): Las máquinas y equipos del laboratorio de procesos industriales - plásticos son insuficientes y obsoletos; actualmente se encuentran almacenados y existe abierto un proceso de compra de máquinas y equipo nuevo.
- Instalaciones. (Estado de las instalaciones): Actualmente no existe una instalación para el laboratorio de Plásticos, no hay un espacio físico para éste.

- Procesos y métodos. (Identificación de procesos y disponibilidad de procedimientos): En la actualidad como no existe un laboratorio de plásticos, no se han definido procesos, procedimientos y manuales que soporten su funcionamiento.
- Mantenimiento (Correctivo y preventivo de instalaciones): De acuerdo a información suministrada por el jefe de laboratorios y los auxiliares existe un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, pero éste consiste en una serie de actividades ejecutadas por el auxiliar, que se basan en su criterio y su conocimiento de las máquinas y equipos; pero no existe un documento que describa el procedimiento y los recursos. Esta es una debilidad con tendencia a convertirse en un problema, debido a que, en el caso que alguno de los auxiliares se retire de la institución o sea promocionado, se lleva consigo su conocimiento y un entorpecimiento del proceso.
- Productividad (De la mano de obra): En este párrafo se presenta una debilidad por el simple hecho que todo el equipo de trabajo está ejerciendo funciones de tres cargos que no están siendo ocupados por las personas idóneas, reduciendo esto los niveles de productividad, sin mencionar que la desmotivación por la remuneración recibida afecta de forma directa este factor.
- Calidad objetiva (Determinación de estándares): No se han creado estándares que permitan tener un mayor control sobre el desempeño de los laboratorios, tanto a nivel técnico, servicio y recurso humano, que permitan convertirlos en un recurso de apoyo docente eficiente. A pesar que cada programa de la Facultad de Ingeniería está acreditado en alta calidad, los laboratorios no están cumpliendo con la *Característica 31* (Mencionada en la Descripción del Sector), de los “Lineamientos para la Acreditación de Programas Académicos de Pregrado” y esto podría representar una No conformidad en la próxima re-acreditación.
- Espacio, distribución y capacidad de las instalaciones: No existe espacio físico definitivo para el laboratorio objeto de esta investigación. Según información suministrada por el señor Decano se destinará para el montaje del laboratorio

de plásticos el espacio que era empleado para el proceso de fundición, al cual se le hizo una revisión con toma de medidas y registro fotográfico; y posteriormente, en el desarrollo del tercer objetivo de este proyecto se determinará si es el recinto adecuado.

#### 2.2.2.1.3 Factores o capacidades comerciales.

- Publicidad y promoción. (Plan de promoción del laboratorio definido): No se ha creado un plan de promoción entre los estudiantes nuevos y antiguos, que les permita conocer los Laboratorios con que cuenta la Facultad, manteniéndose ajenos de los servicios que estos prestan y que pueden contribuir de forma sustancial en su proceso formativo y servir de apoyo en los proyectos investigativos que desarrollen. Esta flaqueza debe atacarse con celeridad, para despertar entre los estudiantes el entusiasmo por simular distintas realidades. Es así que se pretende dar un primer paso en esta carrera, con el avance del quinto objetivo de esta investigación.
- Comunicación de la Facultad (Hacia todos los grupos de interés). A pesar que persiste el interés por mejorar y sacar el mayor provecho a los laboratorios de la Facultad, la comunidad estudiantil, docentes y colaboradores no están enterados de las acciones que se adelantan para alcanzar este objetivo, despertando entre estos una sentida apatía.
- Imagen de los laboratorios (Identidad): A pesar que cuentan con un gran reconocimiento en la academia, principalmente por la labor que ha desarrollado el Departamento de Ingeniería Mecánica, a nivel interno la imagen de los laboratorios está muy deteriorada y el argumento que se utiliza para afirmar esto son las estadísticas de preferencia por parte de los estudiantes en el numeral 2.2.4.
- Notoriedad del laboratorio (Posicionamiento): En este punto entran en juego dos caras de la moneda; primero algunos docentes que son conocedores de la



existencia y utilidad de los laboratorios, pero no muestran disposición para desarrollar prácticas, a pesar que, para el caso de Ingeniería Industrial, la Dirección de Departamento hace especial énfasis en su beneficio. Esto alimenta la otra parte, que es la falta de información entre la comunidad estudiantil, terminando en la apatía por aprovecharlos, haciendo que los laboratorios sean imperceptibles para cualquier grupo de interés, ya que no existe un posicionamiento voz a voz que los promocióne.

#### 2.2.2.2 Fortalezas

##### 2.2.2.2.1. Factores o capacidades comerciales.

Marcas y protección de las mismas (Marca registrada): Los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre como marca cuentan con un gran reconocimiento entre las universidades que también cuentan con programas de Ingeniería (Percepción generalizada de las distintas personas responsables de los Laboratorios de las Instituciones visitadas). Se hizo una verificación en el espacio empleado para almacenar las máquinas y equipos contra la información relacionada en el inventario y se encuentra que algunos de estos no permanecen ahí, sin que algún funcionario de razón de ellos.

2.2.2.2.2 Factores o capacidades financieras. Se puede asegurar que la Universidad Libre cuenta con los recursos de tipo económico para obtener y mantener los Laboratorios que integran la Facultad de Ingeniería; su permanencia en el mercado, años de experiencia y su gran demanda le han permitido posicionarse de forma satisfactoria, generándose de esta manera el capital necesario para invertir en los distintos modos de apoyo al aprendizaje. Por esto, una de las estrategias para fomentar la investigación en el Proyecto Educativo Institucional es destinar “como mínimo un 2% del presupuesto a la financiación y co-financiación de proyectos investigativos”<sup>31</sup>.

Se ha visto en la experiencia del mercado que cualquier inversión que se realice en la educación, específicamente en el tema de Laboratorios, genera a futuro grandes beneficios, tanto a nivel académico, cultural y especialmente económico, ya que a través del buen desarrollo de pruebas y ensayos que aquí se realizan, la industria centra su interés en aquellas instituciones que pueden certificar la calidad de sus productos, dejando esto cuantiosas ganancias, representadas en dinero y reconocimiento.

Aquí se cuenta con una gran fortaleza para la Facultad porque se dispone del presupuesto para mejorar el laboratorio de plásticos y el entusiasmo que representa invertir en un proceso que atraiga el interés de la industria de polímeros, prestándole múltiples servicios y creando rendimientos a largo plazo.

---

<sup>31</sup> UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA. Resumen Proyecto Educativo Institucional. P.2.

### 2.2.2.3 Oportunidades

2.2.2.3.1 Factores del mercado. Aunque la acreditación en alta calidad de los Programas de la Facultad de Ingeniería es una fortaleza que convierte a la Universidad Libre en una institución muy atractiva en un mercado tan abarrotado con tanta oferta; este factor también se convierte en la oportunidad para mantenerse en una exigencia constante, que promueve el mejoramiento de la calidad académica y garantiza la permanencia a través del tiempo. Partiendo de este hecho, es necesario implementar estrategias y acciones que posibiliten el mejoramiento de manera integral del laboratorio de plásticos de la facultad, transformándose ésta en la oportunidad para agotar todos los beneficios que pueden significar contar con un laboratorio competitivo y atrayente para la industria.

A pesar que en los últimos períodos el tiempo de uso del laboratorio de plásticos ha presentado una reducción drástica (Ver Anexo C: Estadísticas de uso); es ésta la ocasión ideal para que la Facultad de Ingeniería ahonde en esfuerzos por mantener vigente este mecanismo pedagógico.

Por otra parte, el Proyecto Educativo Institucional es una oportunidad para que se le otorgue una mayor importancia y participación a los laboratorios, ya que en éste se definen las competencias que deben desarrollar los estudiantes, bajo la supervisión y apoyo de la fuerza docente. Una de las consideraciones del Proyecto Educativo Institucional es que éste “expresa la dinámica de la comunidad Unilibrista y su interacción con la realidad nacional e internacional”<sup>32</sup> y esto en parte es posible a través del buen uso de los laboratorios y una prestación integral de servicios a la industria, que supla la necesidad que las empresas colombianas están experimentando en la actualidad, como es desarrollarse tecnológicamente para ser grandes competidores en los mercados internacionales.

---

<sup>32</sup> UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA. Resumen Proyecto Educativo Institucional. P.6.

Siguiendo con este espectro, la nueva malla curricular propende por crear una cultura investigativa, que vaya de la mano con los avances científicos y tecnológicos que demanda la realidad moderna. La formación unilibrista es de carácter integral y qué mejor forma, que combinar la teoría con la práctica a través de la implementación obligatoria de prácticas en los laboratorios y esa obligatoriedad hará parte de la exigencia de la nueva malla curricular, la cual será presentada a la Comunidad Unilibrista en el año 2013.

2.2.2.3.2 Factores competitivos y tecnológicos. Debido a que en Colombia no existe un modelo estándar para los laboratorios en cuanto a infraestructura, metodología de enseñanza y aparato tecnológico de las Facultades de Ingeniería de las distintas Universidades; se forma el escenario perfecto para que el nuevo laboratorio de plásticos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre desarrolle plenamente los atributos que le permitan competir en el mercado, el cual carece de grandes y muchos competidores que brinden servicios de calidad a la industria del plástico. A este libre desarrollo, se le adhieren dos ingredientes; la capacidad de generar ideas innovadoras que beneficien al sector y la posibilidad de apoderarse de un mercado aún virgen, que le permita alcanzar reconocimiento en la academia y en la industria. Además es de sumo interés para la Facultad explotar los avances tecnológicos, a través de la adquisición de maquinaria y equipo con tecnología vanguardista, libre de complejidades, que añada valor al servicio que se pretende prestar.

2.2.2.3.3 Factores económicos y gubernamentales. Entre los factores económicos y gubernamentales se cuenta con una gran oportunidad como es que actualmente el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA forme Técnicos de Laboratorios, aprendices que tienen la necesidad de poner en práctica sus conocimientos, los cuales pueden ser aprovechados por la Universidad para el normal funcionamiento del laboratorio y de esta manera subvencionar con el desarrollo de la calidad de la educación del país. Con estos estudiantes, hambrientos de experiencia y llenos de compromiso, se contaría con una abundante disponibilidad de mano de obra, dispuesta a apoyar las actividades del laboratorio.

Continuando con el desarrollo del país, el Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014 a través de su desmedido apoyo al aumento de la competitividad y productividad de las empresas, donde la Innovación es el actor principal; es la coyuntura para que la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre realice un aporte a este propósito y para lograrlo deberá contar con una red de producción, que busque la difusión del conocimiento interdisciplinario, como se pretende conseguir con los laboratorios.

#### 2.2.2.4 Amenazas.

2.2.2.4.1 Factores económicos y gubernamentales. Se consideran potenciales amenazas para el avance del nuevo laboratorio, la Inflación y el Plan de Ordenamiento Territorial. El primero porque al ser un factor que está fuera del control de la Universidad, que impacta a toda la Nación y depende de distintos elementos que la definen, puede afectar de manera negativa, en caso de darse un incremento de ésta, que aumente el costo de los productos que permitirían el buen funcionamiento del laboratorio. En el segundo caso, el POT fijado por la Alcaldía Mayor de Bogotá, prohíbe la ampliación de la planta física de la Sede Bosque Popular, hecho que crea limitaciones de espacio para ubicar el laboratorio

de plásticos, obligando a la Facultad a emplear el área del desaparecido laboratorio de fundición.

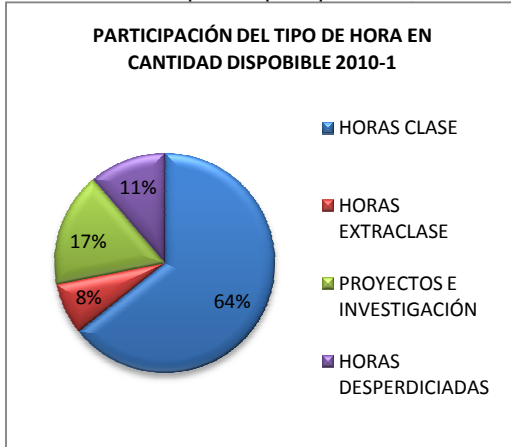
#### 2.2.2.4.2 Factores medioambientales

Teniendo en cuenta la ubicación potencial del laboratorio en la parte posterior del bloque L y la experiencia de inundaciones presentadas en años anteriores, debido que al parecer esta área fue construida sobre el nivel freático del sector, se genera una gran amenaza por el factor climático, ya que Bogotá es una ciudad en la que se presentan constantes precipitaciones a lo largo del año, lo que podría ocasionar graves inundaciones en el nuevo laboratorio, desencadenando en pérdidas materiales y suspensión de clases.

2.2.3. Estadísticas de uso. Otra forma de complementar el diagnóstico es a través de la revisión del record y registro de las horas empleadas en prácticas de laboratorio de los periodos correspondientes a 2010 y 2011. La fuente de esta información fue el Jefe de Laboratorios de Ingeniería, el Ing. Juan Carlos Santiago, quien lleva un registro en excel con el número de horas que semestralmente emplea cada laboratorio (Véase Anexo C: Estadísticas de uso); dicha información hace una separación de acuerdo a los datos que se requieran. Para esta investigación, el grupo investigador sólo tuvo en cuenta el tipo de laboratorio, asignatura, tipo de hora y para profundizar se hizo una validación de la malla curricular de Ingeniería Mecánica, Industrial y Ambiental, para definir a qué programa pertenece cada disciplina. Se analizaron los datos desde lo general a lo particular y se generaron gráficas de pastel y columnas que muestran porcentajes de participación, teniendo en cuenta el tipo de hora, de programa (Para el año 2010 se trabajó con Industrial y Mecánica, debido a que la información suministrada por el Jefe de Laboratorios, sólo se limita a estos programas), el tipo de laboratorio, cuanto representan estos diferentes laboratorios en los dos programas revisados y por último se llega a Ingeniería Industrial, validando la contribución de las asignaturas que le corresponden por malla curricular.

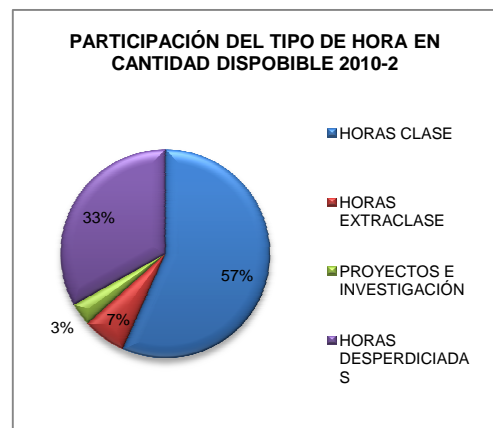
2.2.3.1 Utilización de laboratorios Facultad de Ingeniería. En este acápite se presentan los resultados del nivel o número de horas de utilización de los laboratorios en los dos semestres del año 2010 y 2011, especificando el tipo de uso por hora, teniendo en cuenta que el total de horas disponibles por periodo en dos años es de 960 (Ver Gráficas 1 a 4).

Gráfica 1. Participación por tipo de hora 2010-1



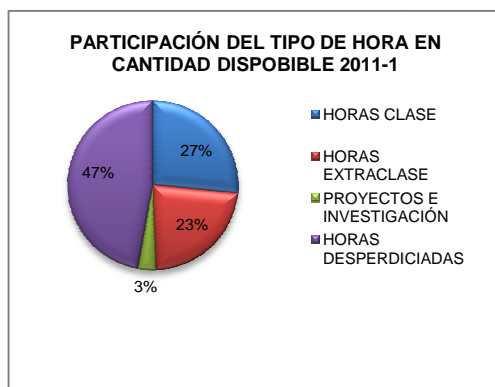
Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Gráfica 2. Participación por tipo de hora 2010-2



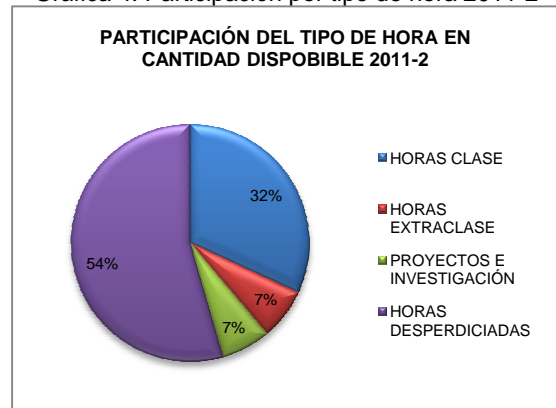
Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Gráfica 3. Participación por tipo de hora 2011-1



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Gráfica 4. Participación por tipo de hora 2011-2



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Entre los años 2010 y 2011 se presentó una reducción drástica del uso de los laboratorios en la Facultad de Ingeniería en términos generales, iniciando con un

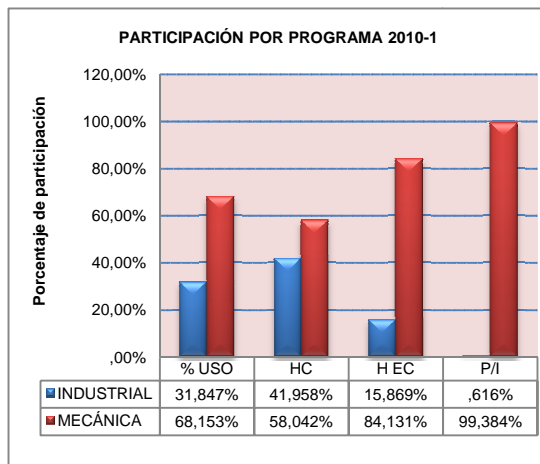
9% para el 2010-1, pasando por un 67% en el 2010-2, disminuyendo a 53% en 2011-1 y finalizando de una manera desalentadora para el 2011-2 con 46%, menos de la mitad de la capacidad disponible. Curiosamente en el primer período de 2010 se emplearon más horas de investigación, 17%, pero en los siguientes períodos este porcentaje se redujo a menos de la mitad. Además en promedio se desperdició más de un 36% de horas entre 2010 y 2011.

2.2.3.2 Nivel de participación por programa en el uso de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería. Para entender mejor los siguientes gráficos se crearon las convenciones a seguir, presentadas en la Tabla 12:

Tabla 12. Convenciones horas

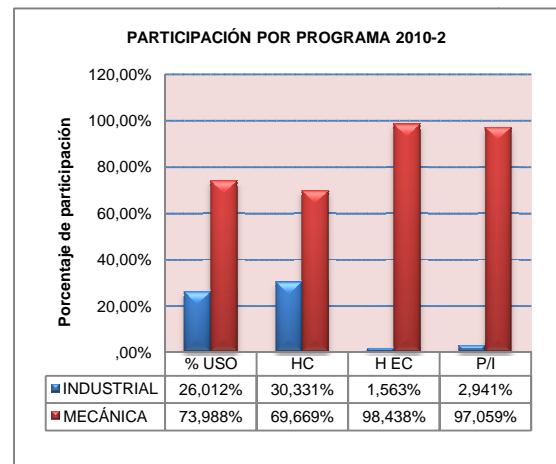
CONVENCIÓN	DEFINICIÓN
HC	Horas clase
HEC	Horas extra clase
P/I	Proyectos e Investigación

Gráfica 5. Participación por programa 2010-1



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

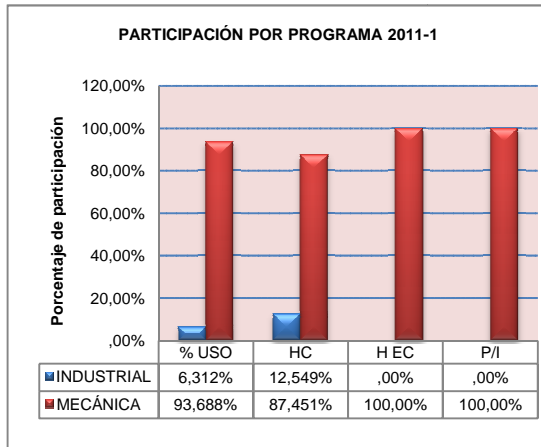
Gráfica 6. Participación por programa 2010-2



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

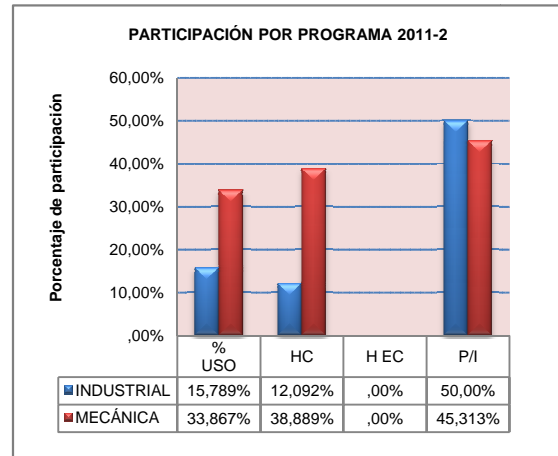


Gráfica 7. Participación por programa 2011-1



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Gráfica 8. Participación por programa 2011-2



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

El programa de ingeniería mecánica presentó un crecimiento del 26% entre todo el 2010 y el 2011-1, pero inexplicablemente en el 2011-2 cayó 60 puntos porcentuales. Mientras que Ingeniería Industrial mostró una tendencia a la baja de 26% entre 2010-1 y 2011-1; pero puede destacarse que en el último período aumentó su participación, aunque aún sigue siendo baja. Otro aspecto que preocupa es que en las tres primeras gráficas ingeniería industrial casi que anula su cuota en horas de proyectos e investigación y contradictoriamente renace con un 50% de intervención en el segundo periodo de 2011.

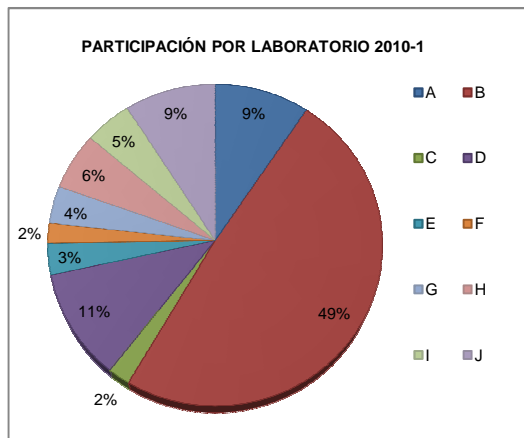
2.2.3.3 Participación por laboratorio. Esta sección se divide en dos partes, la primera corresponde al año 2010 y la segunda al 2011. Esta distinción se hace debido a que en el año 2011 entran a participar laboratorios del programa de ingeniería ambiental. Para hacer más comprensibles los siguientes gráficos se crearon las convenciones presentadas en la tabla 13. En los gráficos 9 y 10 se presentan los datos para el año 2010.

Tabla 13. Convenciones tipos de laboratorio

CONVENCIÓN	DEFINICIÓN
A	ANÁLISIS DE MATERIALES
B	MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS
C	CUARTO OSCURO
D	ENSAYOS DESTRUCTIVOS
E	MÉTODOS
F	PLANTAS TÉRMICAS
G	PROCESOS INDUSTRIALES I – PLÁSTICOS
H	PROCESOS INDUSTRIALES II – MADERA
I	PROCESOS INDUSTRIALES III – MOLIENDA
J	PRODUCCIÓN

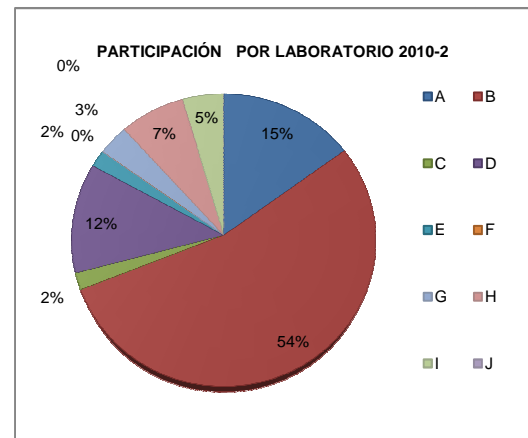
Fuente: Los autores, 2012

Gráfica 9. Participación de cada laboratorio 2010-1



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

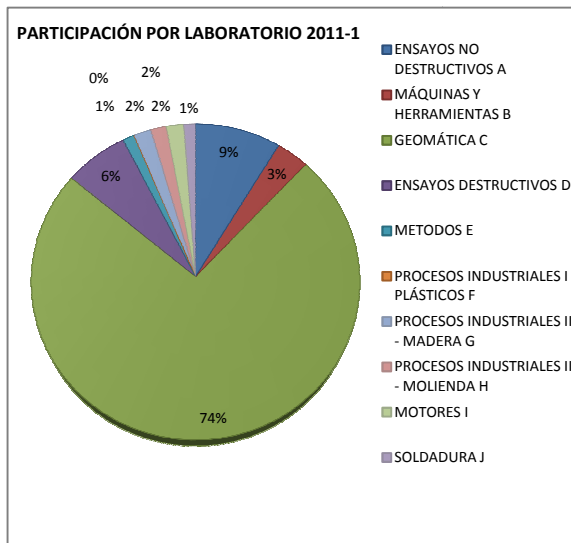
Gráfica 10. Participación de cada laboratorio 2010-2



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

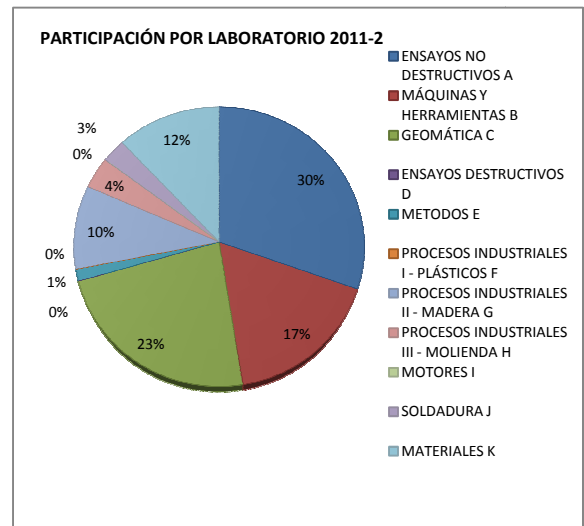
Nuevamente predomina ingeniería mecánica con los laboratorios de análisis de materiales, máquinas y herramientas y ensayos destructivos, los cuales suman en promedio 75% de representación entre los dos periodos. Los laboratorios de procesos industriales mantienen un 15% de participación, pero el laboratorio de plásticos pierde un punto porcentual de un periodo a otro tal como se observa en los gráficos 11 y 12.

Gráfica 11. Participación de cada laboratorio 2011-1



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Gráfica 12. Participación de cada laboratorio 2011-2

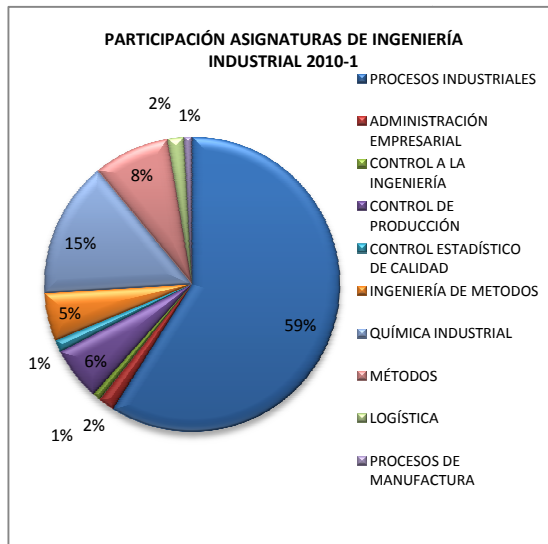


Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

En este año ingeniería mecánica pierde mucha participación, pasando por un 19% en el periodo 2011-1 y luego sube a un 47%, pero este aumento se debe al arrastre que hace el laboratorio de ensayos no destructivos en el 2011-2. Esa participación que pierde mecánica se ve compensada en la utilización dada por ingeniería ambiental con su laboratorio de geomática. El laboratorio de plásticos no tiene ningún tipo de aporte, manteniéndose en 0% su representación.

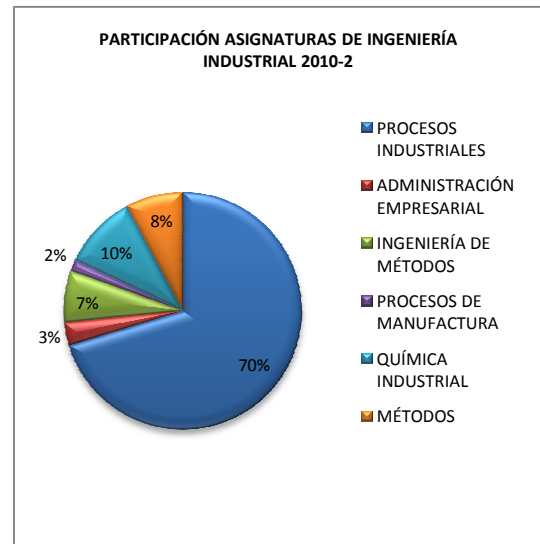
2.2.3.4 Participación de asignaturas de ingeniería industrial. En este punto se revisó qué participación tuvieron las asignaturas que pertenecen al programa de ingeniería industrial, los resultados son presentados en las gráficas 13 a 16.

Gráfica 13. Participación por Asignatura Industrial  
2010-1



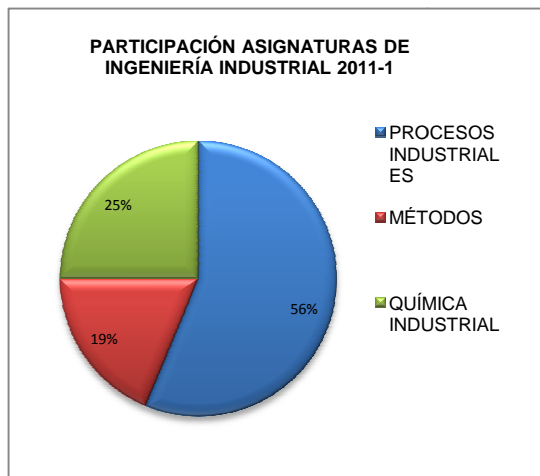
Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Gráfica 14. Participación por Asignatura Industrial  
2010-2



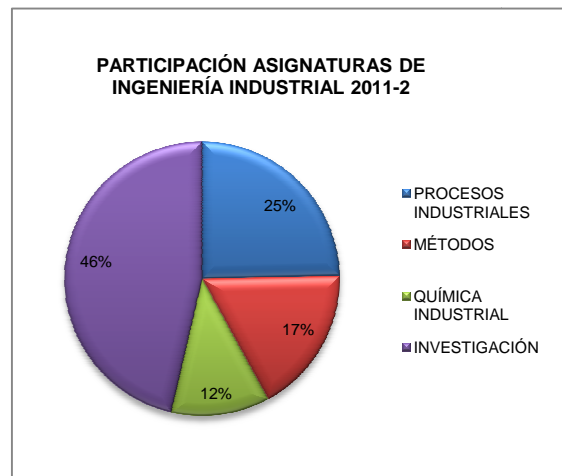
Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Gráfica 15. Participación por Asignatura Industrial  
2011-1



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Gráfica 16. Participación por Asignatura Industrial  
2011-2



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

En las gráficas anteriores se refleja una notoria baja en el número de asignaturas que realizan prácticas en los laboratorios de un año a otro; en el 2010 de 6 a 10 asignaturas hicieron trabajo experimental, mientras que en el 2011 sólo 3 disciplinas realizaron este tipo de trabajo. Sin embargo, en la mayoría de los periodos, la asignatura de procesos industriales conserva el mayor grado de aprovechamiento con un promedio de más del 52%. Se puede concluir que Ingeniería Mecánica es el programa que ha sabido aprovechar significativamente y mayoritariamente el uso de los laboratorios de Ingeniería.

Por otra parte, a pesar que existen varios tipos de laboratorios que se mantienen constantes en todos los períodos, el número de horas utilizadas en prácticas se reduce significativamente de un período a otro.

También es importante referirse al hecho que la tendencia en el uso del laboratorio de plásticos muestra una disminución desde el primer período de 2010 hasta mantenerse nulo en todo el 2011. Este desaprovechamiento de los recursos de la universidad, brinda la oportunidad para hacer las mejoras necesarias, conducentes a aumentar la participación de este laboratorio en el porcentaje general del uso.

Para determinar las mejoras y las inversiones necesarias, es importante tener en cuenta el estado actual del laboratorio, presentado en el numeral 4.2.1, en donde se muestran los equipos existentes los cuales no poseen la tecnología actualizada que se necesita para implementar el proceso integral planteado en el presente trabajo, por lo cual se realizó una cotización con un proveedor de todas las máquinas que permitan tener las características suficientes para ofrecer un buen servicio a los estudiantes (Ver Anexo I)

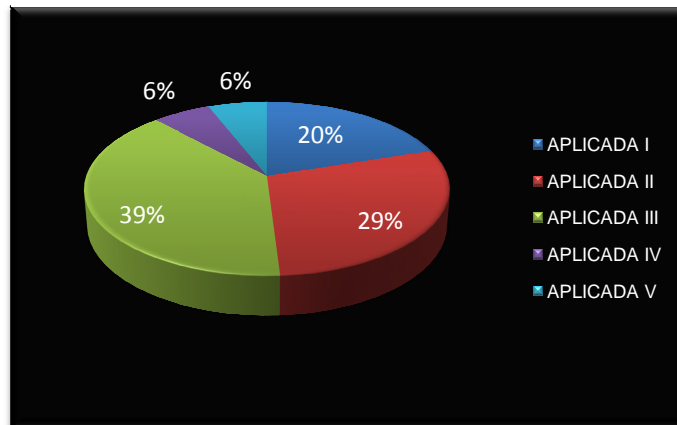
Igualmente en los dos últimos años se plasma un descenso en el número de asignaturas que emplean los laboratorios como herramienta de apoyo en la

instrucción académica, especialmente en el programa de ingeniería industrial. Esto se refleja en el gran número de horas que se desaprovechan en los dos períodos del año 2011, sin olvidarse que el programa de ingeniería ambiental entró a hacer parte de la estadística de uso en ese mismo año, restándole mucha participación a industrial.

Se ve muy marcada la diferencia en el uso de los laboratorios de un período a otro, entre los años 2010 y 2011, generando esto una notoria preocupación, la cual debe trascender hasta las directivas de la Institución, por el escaso aprovechamiento de estos mecanismos de preparación, que como se ha mencionado antes, representan la posibilidad de que distintas áreas del conocimiento se integren; formando profesionales altamente competitivos que pueden contribuir de manera sustancial en el desarrollo del país, a través del uso de la ciencia y la tecnología, las cuales encuentran sus bases en la experimentación.

Adicional al análisis que se hizo a las estadísticas de uso de los laboratorios de Ingeniería entre los años 2010 y 2011, se presenta a continuación un estudio realizado por el Ingeniero Ramón Cubaque a la utilización que se le está dando al laboratorio de Lúdica en el periodo 2012-2, en el cual se desarrollan las clases prácticas de las asignaturas de Investigación Aplicada I, II, III, IV y V, pertenecientes a la malla curricular de Ingeniería Industrial.

7. Participación por tipo de asignatura  
acción en laboratorio de Lúdica 2012-2



Fuente: Informe estadístico utilización del laboratorio de Lúdica año 2012, periodo II, Ing. Cubaque, Ramón, Universidad Libre, 2012.

De la gráfica 17 se concluye que el laboratorio de lúdica ubicado en la universidad libre sede bosque popular tiene porcentaje de máxima utilización por la asignatura Investigación aplicada III, correspondiente a un porcentaje de 39% ,seguido con porcentaje de 29% de uso la asignatura Investigación aplicada II y seguido con porcentaje de 20% de uso la asignatura Investigación aplicada I, por el contrario se observo que la asignaturas que menos utilizan el laboratorio para el proceso de formación, con porcentaje de 6% de uso son la asignatura Investigación aplicada IV y la asignatura Investigación aplicada V.<sup>33</sup>

Complementando la información anterior, para Investigación Aplicada I y II se destina para cada una un número de 8 horas para desarrollo de prácticas, y teniendo en cuenta que existen 4 grupos de estudiantes, se dispone por semestre de un total de 32 horas por asignatura, de las cuales fueron utilizadas 20 horas que representan un 62,5% de utilización, para Aplicada I y 30 horas empleadas en el laboratorio, significando un 93,7% de aprovechamiento para Aplicada II (Ver Anexo K). En el caso de las Aplicadas III, IV y V la mayoría de las clases se desarrollan a manera de praxis, ya que éstas han sido destinadas para que los

<sup>33</sup> UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA, Informe estadístico utilización del laboratorio de Lúdica año 2012, periodo II, Ing. Cubaque, Ramón, 2012 P.3

estudiantes pongan en práctica la fundamentación teórica adquirida en Investigación Aplicada I y II, a través del avance y perfeccionamiento del proyecto de grado de los estudiantes.

También se hizo una revisión del record de utilización del laboratorio de celda de manufacturas entre los años 2011 y 2012, donde se encontró que en el 2011 se dio un uso muy mesurado a este laboratorio con un 9%, pero contrariamente a ese comportamiento, en el 2012 se dio un considerable incremento hasta un 46% tanto para el periodo 1 y 2, en el aprovechamiento de esta herramienta educativa de última tecnología, como se puede observar en la tabla 14 y en el gráfico 18.

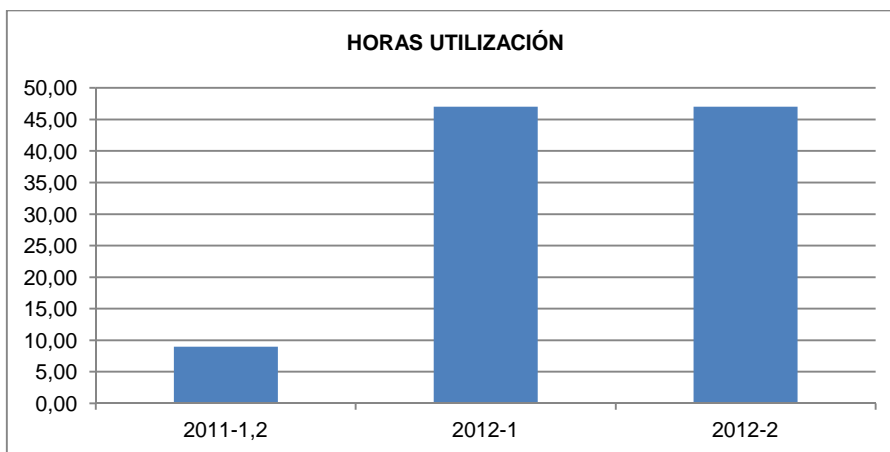
Tabla 14. Utilización celda de manufactura

Utilización celda			
Período	Horas Utilización	%	Crecimiento
2011-1,2	9,00	9%	
2012-1	47,00	46%	422,22%
2012-2	47,00	46%	0,00%
Total	103,00	100%	

Fuente: Informe estadístico uso celda de manufactura 2011 - 2012, Universidad Libre, 2012.



Gráfica 18. Horas de utilización laboratorio de celda de manufactura de 2011 a 2012



Fuente: Informe estadístico uso celda de manufactura 2011 - 2012, Universidad Libre, 2012.

Haciendo un comparativo de las estadísticas de uso de los laboratorios de lúdica y celda de manufactura, con las suministradas por la Jefatura de Laboratorios de los años 2010 y 2011, donde la mayoría de las asignaturas hacen parte de la Ingeniería Aplicada, es representativo el grado de aprovechamiento que se le está dando a los laboratorios de lúdica y celda de manufactura, manifestando una tendencia ascendente, lo que se traduce en un interés por parte del Programa de Ingeniería Industrial en beneficiarse con el disfrute de los laboratorios.

2.2.4. Estadísticas de preferencia. En este apartado se muestran los pasos que se siguieron para identificar el grado de satisfacción que los estudiantes de Ingeniería Industrial tienen frente al servicio que prestan los laboratorios de la Facultad de Ingeniería. Posteriormente, se tabularon los datos, se hicieron unos cálculos estadísticos y se terminó con un análisis de cada pregunta, para llegar a unas conclusiones

2.2.4.1 Definición de técnica de recolección de información. Inicialmente se recurrió al empleo de una técnica orientada a recopilar información, como es la encuesta. La herramienta utilizada fue el cuestionario, con una serie de preguntas que fueron formuladas de manera escrita. Se escogió esta técnica porque no se incurre en costos altos, suministra información de interés de un gran número de personas en un tiempo muy breve, por mantener el anonimato del entrevistado, permite que éste responda con sinceridad, no es necesario capacitar al entrevistador, permite una mayor accesibilidad al grupo encuestado, no dan la posibilidad de que el individuo se disperse, otorga una fácil cuantificación, análisis e interpretación. En el proceso de redacción del cuestionario se tuvieron en cuenta ciertos aspectos:

- Que responda al objetivo planteado.
- Que despierte el interés del estudiante
- Sin ambigüedades
- Que sea preciso
- Que sea conciso

El tipo de preguntas utilizadas fueron cerradas, de múltiple respuesta con única opción, con la intención que los encuestados se mantengan centrados, en el mismo espectro y limitando su libertad a la información que se obtuvo de manera previa, cómo las estadísticas de uso, observación directa y el beneficio que significa realizar prácticas de laboratorio (Ver Anexo D: Formato de encuesta aplicada a los estudiantes de Ingeniería Industrial).

2.2.4.1.1 Descripción de preguntas. Con la formulación de las preguntas se buscaba reconocer lo que sigue:

- Laboratorio más utilizado por los estudiantes
- Motivación para acercarse a los laboratorios
- Grado de satisfacción respecto al uso de los laboratorios
- Percepción de beneficios que obtienen con el empleo de los laboratorios
- Apreciación frente a las condiciones de los laboratorios

Uno de los investigadores asumió el papel de entrevistador para aplicar una parte de la encuesta y para la otra parte contó con el apoyo de dos docentes del programa, quienes suministraron el cuestionario a los estudiantes que cursaban cursos superiores a tercer semestre y que asistían a una de sus clases en particular.

2.2.4.2 Definición del tamaño de la muestra. Para definir el universo poblacional se solicitó al director del programa de Ingeniería Industrial la Información estadística de matriculados académica y financieramente por programa y nivel del primer período del 2012 (Ver Anexo E: Estudiantes matriculados en el período 2012-1 en Ingeniería Industrial). Los datos obtenidos son presentados en la Tabla 15.

Tabla 15. Datos para definición tamaño de la muestra.

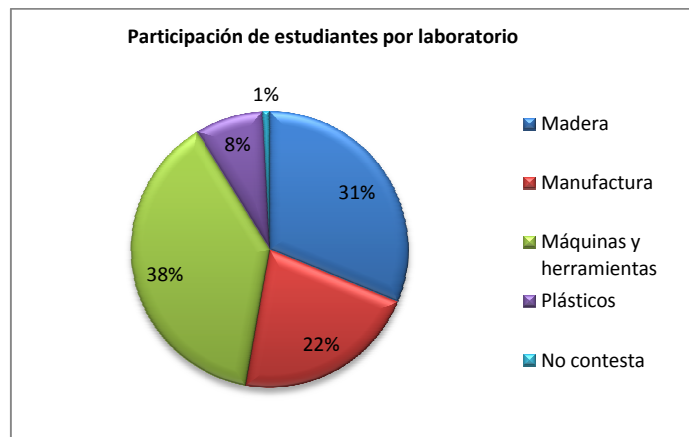
Número de estudiantes matriculados 2012-2	1.064
Universo	Estudiantes de 4° a 10° semestre de Ingeniería Industrial
Fuente	Primaria
Tipo de muestreo	Estratificado. De acuerdo a la malla curricular ya han desarrollado algún tipo de práctica en los laboratorios pertenecientes al programa.
Número de estudiantes matriculados de 4° a 10° semestre	746
Tamaño de muestra (Ver Anexo F: Tamaño de la muestra)	67

Fuente: Los autores, 2012

2.2.4.3 Interpretación de resultados. Después de realizar la tabulación de los datos (Ver Anexo G: Archivo de excel tabulacion) se hicieron cálculos estadísticos que arrojaron la información que se presenta a continuación.

- Participación de estudiantes por laboratorio. En la gráfica 19 se muestra el porcentaje de participación de estudiantes en cada tipo de laboratorio.

Gráfica 19. Participación de estudiantes por laboratorio



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

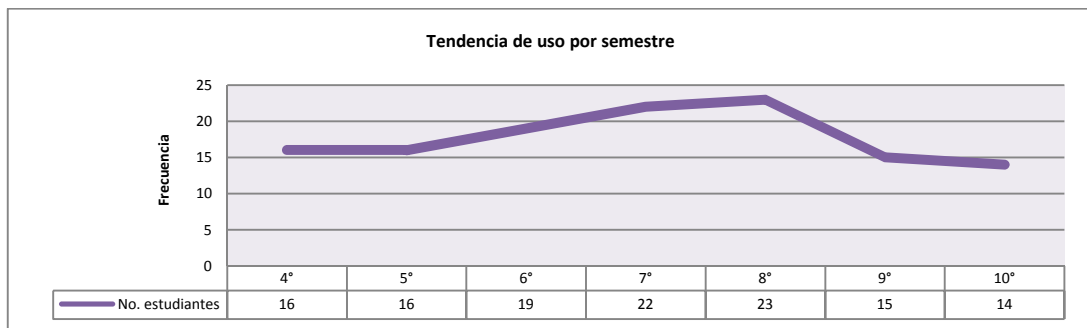
Se hace evidente, según la percepción de los estudiantes, que el laboratorio que más emplean en ingeniería industrial para desarrollar sus prácticas es el de máquinas y herramientas, a pesar que éste está diseñado para asistir a los estudiantes de ingeniería mecánica. Entonces, para los estudiantes, podría no estarse favoreciendo la competencia *“El diseño y gestión de procesos de manufactura y/o servicios”*<sup>34</sup>, que la universidad pretende crear en los estudiantes de Industrial, porque no se invierte de forma sustancial en los procesos de manufactura, ya que a pesar que la asignatura de procesos industriales es la que más participación tiene en el uso de los laboratorios para el programa de

<sup>34</sup> Disponible desde internet: <http://www.unilibre.edu.co/Ingenieria/ingIndustrial/programa.html>, Septiembre de 2012.

Industrial, como se ve en la conclusión del punto 2.2.3.4, no es muy representativa si se compara con la cantidad de horas que en la realidad fueron aprovechadas entre los años 2010 y 2011; esto estaría también argumentado en el hecho que el laboratorio de plásticos, quedó relegado a un último lugar de utilización, con un porcentaje de participación mínima, de acuerdo a la opinión de los aprendices encuestados.

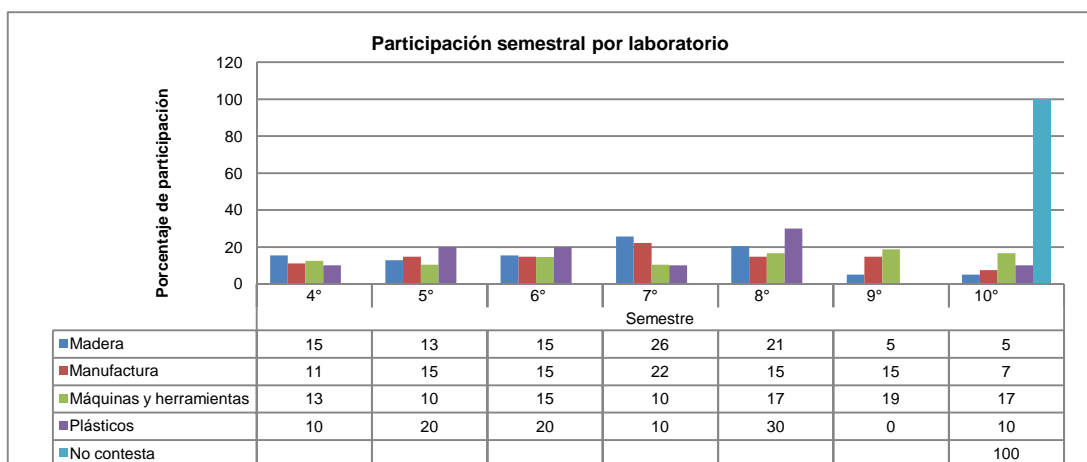
- Participación semestral por laboratorio. La gráfica 20 expone el porcentaje de participación por semestre en el uso de los laboratorios y en la gráfica 21 se detalla esta participación por los tipos de laboratorio existentes.

Gráfica 20. Tendencia de uso por semestre



Fuente: Los autores, 2012

Gráfica 21. Participación semestral por laboratorio



Fuente: Los autores, 2012

La tendencia en el uso de los laboratorios por parte de los estudiantes tiene un comportamiento creciente hasta 8° semestre pero cont radictoriamente a partir del 9° disminuye la asistencia y la tendencia decrece s significativamente, sugiriendo esto dos cosas:

- Los estudiantes de grados superiores no se vieron sometidos a controles de asistencia a prácticas de laboratorio o si se dieron esos controles, no fueron muy efectivos.
- Anteriormente la universidad no se había percatado de la importancia de hacer prácticas de laboratorio en el proceso formativo y no estimulaba a los estudiantes y docentes a realizarlas de manera constante.
- Motivación para asistir a laboratorios de la Facultad de Ingeniería. A continuación se muestra una gráfica que permite discriminar las razones por las cuales los estudiantes asisten a las prácticas de laboratorio.

Gráfica 22. Motivación de estudiantes para asistir a los laboratorios



Fuente: Los autores, 2012

Analizando esta información, resulta preocupante ver que la motivación más representativa que tienen los estudiantes para acudir a los laboratorios es la “Práctica Obligatoria”, sin que se despierte en estos un espíritu investigativo que les permita desarrollar todo su potencial como gestor de conocimiento. Pero esto va muy de la mano con la escasa, por no decir ninguna, propaganda que la universidad hace referente a este tema. Curiosamente frente a otras instituciones educativas, la Universidad Libre es reconocida por la calidad e innovación de los equipos con que cuentan sus laboratorios, sin embargo, sus estudiantes no tienen esa percepción y esta responsabilidad recae sobre este establecimiento formativo.

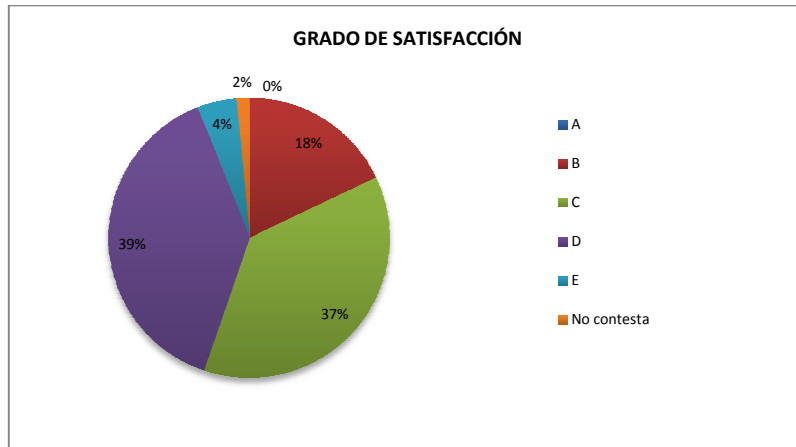
- Grado de satisfacción de estudiantes frente al servicio de los laboratorios. En una escala de uno a cinco (Ver Tabla 16), es definido el grado de satisfacción de los estudiantes con el servicio de laboratorios, sus resultados se pueden observar en la gráfica 23.

Tabla 16. Convención grado satisfacción estudiantes

ATRIBUTO	
A =	COMPLETAMENTE SATISFECHO
B =	SATISFECHO
C =	NI SATISFECHO NI INSATISFECHO
D =	INSATISFECHO
E =	COMPLETAMENTE INSATISFECHO
Nc=	NO CONTESTA

Fuente: Los autores, 2012

Gráfica 23. Grado de satisfacción estudiantes por servicios de laboratorios



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

El grado de satisfacción que tienen los estudiantes de Ingeniería Industrial frente a los servicios que prestan los laboratorios de Ingeniería es muy bajo y paralelamente el grado de indiferencia por parte de los estudiantes es muy similar, esto puede deberse a que no se sienten motivados a comparecer a los laboratorios por razones distintas a cumplir con un requisito académico.

- Percepción estudiantes frente a las condiciones de laboratorios. Por medio de diez características y tres niveles de servicio, se determina la percepción de los estudiantes frente a las condiciones de los laboratorios (Ver tabla 17 y gráfica 24)

Tabla 17. Convenciones condiciones laboratorios

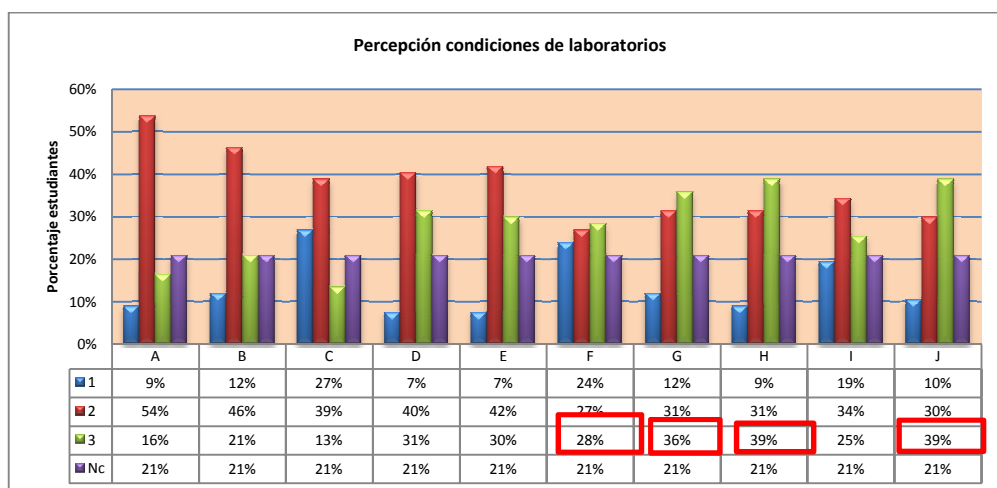
No.	ATRIBUTO
A =	<b>Espacio</b>
B =	<b>Maquinaria y equipo</b>
C =	<b>Ergonomía</b>
D =	<b>Ubicación</b>
E =	<b>Señalización</b>
F =	<b>Condiciones del ambiente</b>
G =	<b>Seguridad estudiantes</b>
H =	<b>Seguridad máquinas</b>



No.	ATRIBUTO
I =	Reglamento uso laboratorios estudiantes
J =	Conocimiento del docente en manejo de máquinas
1 =	Malo
2 =	Regular
3 =	Bueno

Fuente: Los autores, 2012

Gráfica 24. Percepción de estudiantes frente a condiciones de laboratorios



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Los estudiantes de Industrial juzgan en términos generales que las condiciones físicas de los laboratorios de Ingeniería son regulares, pero existe una percepción positiva, que no dista mucho de la regular, de las condiciones que garantizan su seguridad en el uso de estos. Adicionalmente una parte de los estudiantes, tienen la apreciación que el conocimiento en el uso de las máquinas por parte del docente es buena, con una valoración de sólo un 39% y otro porcentaje bastante significativo sin superar al anterior, piensan que es regular el desempeño de los profesores en esta materia.

- Percepción beneficio de las prácticas de laboratorio. En las tablas 18 y 19 se determinan las convenciones necesarias para entender la gráfica 25 en la cual, se observa la percepción acerca de los beneficios de las prácticas de laboratorio por parte de los estudiantes.

Tabla 18. Convención

<b>CONVENCIÓN</b>
1: Totalmente en desacuerdo
2: Desacuerdo
3: Medianamente de acuerdo
4: De acuerdo
5: Totalmente de acuerdo

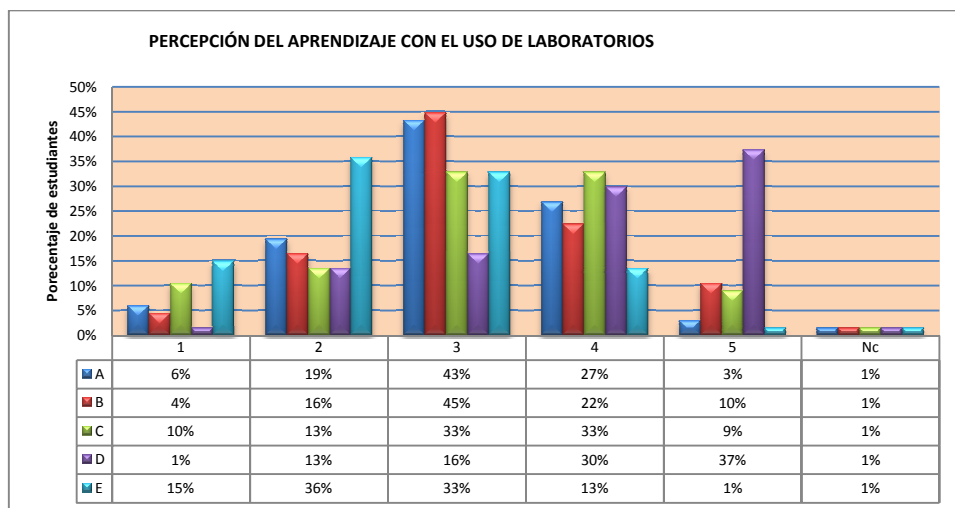
Fuente: Los autores, 2012

Tabla 19. Convención beneficios de las prácticas

<b>CONVENCIÓN</b>	
A =	<b>Mis conocimientos sobre los conceptos recibidos han aumentado gracias a las prácticas de laboratorio</b>
B =	<b>Las prácticas de laboratorio han aumentado mi interés en los temas tratados</b>
C =	<b>Los laboratorios me muestran parte de la realidad a la cual me enfrentaré en la industria</b>
D =	<b>Los laboratorios son una herramienta de aprendizaje que permiten poner en práctica la teoría</b>
E =	<b>Los laboratorios de Ingeniería Industrial han cumplido con mis expectativas</b>

Fuente: Los autores, 2012

Gráfica 25. Percepción beneficios de las prácticas de laboratorios



Fuente: Los autores, 2012, a partir de información primaria recolectada

Los estudiantes de Ingeniería Industrial consideran de forma sustancial que los laboratorios son una herramienta muy útil en su proceso formativo porque estiman que los acerca a la realidad de la industria. Infortunadamente este pensamiento se ve interrumpido por la poca satisfacción que sienten cuando acuden a los servicios de los laboratorios ya sea por las condiciones ambientales o el mediano conocimiento que consideran tiene el instructor, sin dejar de agregar que la universidad no crea estrategias que aviven su interés.

2.2.5. Planta física del laboratorio de procesos industriales. Se hizo una visita al espacio que actualmente está siendo utilizado para almacenar los equipos del laboratorio de plásticos que no se han estado utilizando con regularidad y se encontró que se mantienen archivados y a la espera de una definición por parte de la decanatura sobre su destino final. Se podría asegurar que en este momento en la facultad de Ingeniería no existe un espacio para que se desarrollen las prácticas de Procesos Industriales, específicamente el laboratorio de plásticos y sólo se cuenta con dos máquinas, una inyectora y una empacadora termoencogible, a las cuales se les debe hacer una revisión y definir si son aptas para el uso en las

prácticas de laboratorio. Esta información está soportada en el Anexo H: Registro fotográfico del laboratorio.

A parte de mejorar la infraestructura del laboratorio de procesos industriales – plásticos, es necesario ampliar la cobertura, para que, inicialmente la mayoría de las asignaturas del programa de ingeniería industrial desarrollen prácticas en éste y posteriormente, los otros programas pertenecientes a la facultad de ingeniería.

### 3. DEFINIR EL PROCESO PRODUCTIVO INTEGRAL QUE CUMPLA CON LAS NECESIDADES DETECTADAS

Teniendo en cuenta el anterior diagnóstico realizado al laboratorio de procesos industriales – plásticos se define el siguiente proceso, cuyo soporte es el conocimiento ingenieril, el cual integra distintos programas de la Facultad de Ingeniería y diferentes áreas del conocimiento; **promueve aspectos de conciencia ecológica, fundamentados en valores éticos, que favorecen el perfil y profesionalismo de los Unilibristas**; pero más que cualquier otro aspecto, garantiza el acercamiento que los estudiantes necesitan a esa realidad de la industria nacional, a través de diferentes situaciones simuladas.

El proceso productivo a describir en este capítulo hace referencia a la manufactura de plásticos en el laboratorio de procesos industriales, el cual está compuesto básicamente por tres subprocesos a saber: elaboración empaque de alimentos, elaboración de piezas plásticas y reciclaje de residuos plásticos provenientes de la extrusión, inyección y termosellado.

Para cada uno de los subprocesos se presenta un diagrama de flujo y una ficha técnica del proceso que permite describir el alcance de cada uno de ellos, esto con el fin de delimitar cada proceso y posteriormente cada una de las actividades, responsabilidades y responsables, esto permite poner en práctica las actividades aprendidas y poder aplicar estos conocimientos.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

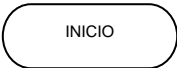

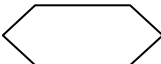
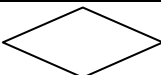

Nombre del Proceso: *Manufactura de plásticos en el laboratorio de procesos industriales*

El proceso de manufactura de plástico se llevará a cabo a través del desarrollo de dos subprocesos de transformación: 1) la extrusión y 2) la inyección del material. A su vez, cada subproceso se verá acompañado del reciclaje de los residuos que se generan de la operación de las respectivas máquinas. Este último proceso, puede realizarse de manera paralela a los subprocesos de transformación o en momentos diferentes.

En estos subprocesos se requerirá de la utilización de distintas máquinas y equipos, con los cuales se desarrollarán una serie de actividades enfocadas en la puesta en práctica de los conocimientos que el estudiante adquirió en clase para que de esta manera adquieran las habilidades necesarias para desempeñarse con efectividad en un mundo material.



3.1.1. Simbología utilizada. Para una mayor comprensión de los procedimientos que hacen parte del proceso de manufactura del laboratorio de materiales para transformación de plásticos; a continuación se representa gráficamente la simbología utilizada en la descripción de los mismos (ver tabla 20 y 21):

Tabla 20. Simbología diagrama de flujo

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Indicador de inicio de un procedimiento.
	Forma utilizada en un diagrama de flujo para representar una tarea o una actividad.
	Auditoría
	Forma utilizada en un diagrama de flujo para representar una actividad de decisión o condicional.
	Conector utilizado para representar el fin de un procedimiento

Fuente: Los autores, 2012

Tabla 21. Simbología diagrama de recorrido actividades

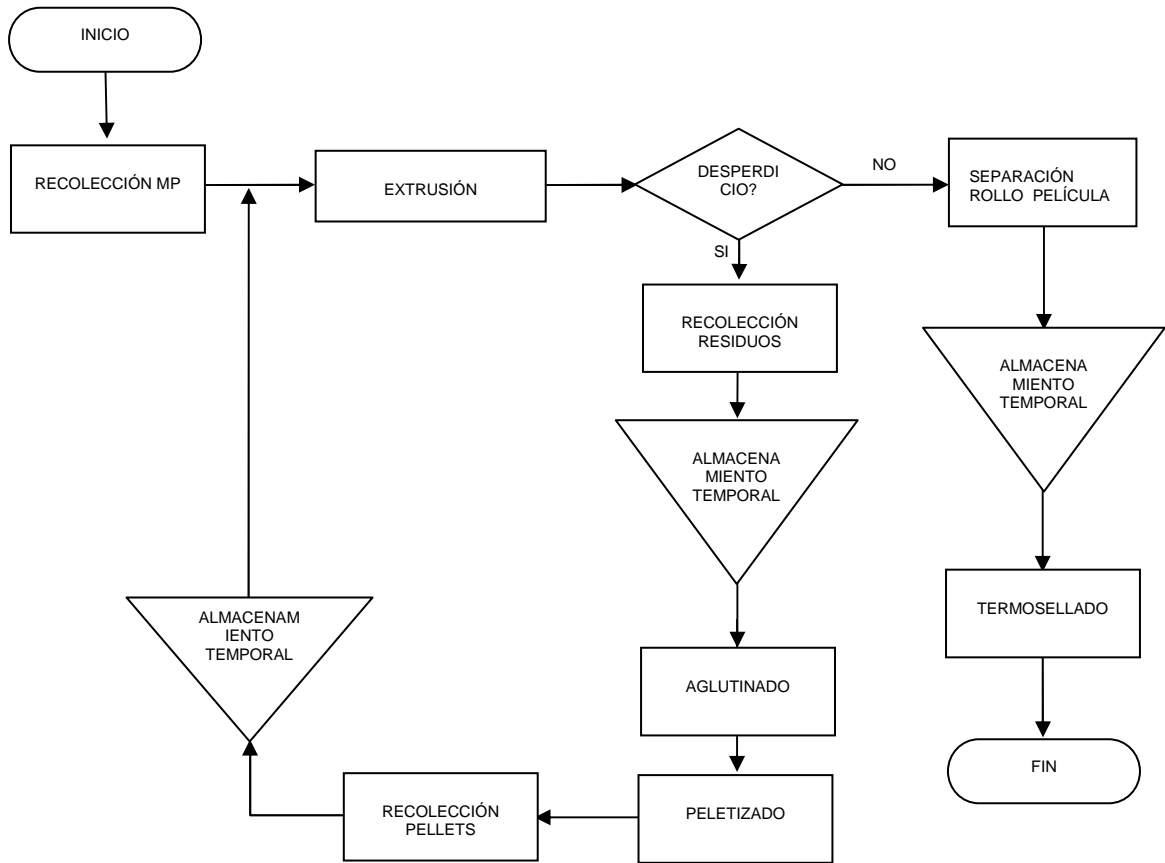
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Operación
	Transporte
	Espera
	Inspección
	Operación combinada

Fuente: Los autores, 2012

3.1.2. Subproceso elaboración empaque de alimentos. Este subproceso está compuesto por dos subprocesos: extrusión y termosellado, a través de los cuales es posible convertir el polietileno (Materia prima) en empaques primarios para alimentos. Es importante mencionar que se han incluido procesos de recolección de residuos con el fin de presentar en el laboratorio una conciencia ecológica que permita a los estudiantes conocer las bondades de esta clase de prácticas. La descripción de esta parte del proceso, se realiza a través de un diagrama de flujo, la caracterización del subproceso y un diagrama del procedimiento, que muestra el flujo de las actividades, el alcance y los indicadores de medición de los resultados.

3.1.2.1 Diagrama de flujo subproceso elaboración de empaque para alimentos con extrusión y termosellado. En la figura 2 se presenta el diagrama de flujo del proceso de extrusión y termosellado, en el cual se puede observar paralelamente el proceso de recolección de residuos para el reciclaje.

Figura 2. Diagrama de flujo subproceso elaboración de empaque para alimentos con extrusión y termosellado



Fuente: Los autores, 2012

3.1.2.2 Caracterización transformación del plástico en la extrusora. La siguiente ficha técnica (Ver tabla 22) da una idea general del proceso de extrusión planteado para el laboratorio de plásticos.



Tabla 22. Caracterización transformación del plástico en la extrusora

<b>OBJETIVO</b>	
Determinar los pasos a seguir para realizar la transformación del plástico en la máquina Extrusora.	
<b>LÍDER</b>	<b>ALCANCE</b>
Docente responsable de la práctica	Aplica desde la recepción del plástico en presentación pellets hasta la obtención de rollos de película plástica flexible monocapa tubular.
<b>RESPONSABILIDADES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es responsabilidad del estudiante practicante que opera la máquina la aplicación del presente procedimiento.</li> <li>- Es responsabilidad del Docente dar las instrucciones de operación, el seguimiento y control del presente procedimiento.</li> </ul>	
<b>INSUMOS</b>	<b>PRODUCTOS</b>
Polietileno de baja densidad (PEBD) Polietileno lineal de baja densidad (PELBD) Polietileno de alta densidad (PEAD) Polietileno lineal metalocénico (PELM) Polipropileno (PP)	Rollo de película flexible monocapa tubular
<b>SUBPROCESOS</b>	
Preparación materia prima Revisión máquina Programación de producción Revisión y control de producto en proceso Control de calidad de producto Pesaje y almacenamiento	
<b>PROVEEDORES</b>	<b>CLIENTES</b>
Teclink Empresas de manufactura de plásticos Subproceso de reciclaje de residuos de la extrusión	Subproceso termosellado
<b>DOCUMENTOS RELACIONADOS</b>	<b>INDICADORES</b>
Guía de laboratorio de Extrusión (Ver Anexo L) Ficha técnica de la máquina	Cantidad MP/rollo de película flexible # productos defectuosos #productos/día
<b>CARGOS</b>	<b>RECURSOS</b>
Estudiante	Máquina Extrusora Báscula Analítica

Docente Auxiliar de Laboratorio	Calibrador de espesores Mesa de 800 x 2000 mm Plantilla para toma de muestras Regla de corte Instrumentos de corte	
ELABORÓ:  _____	REVISÓ:  _____	APROBÓ:  _____
KELLY DÍAZ / CAMILO RONDÓN		

Fuente: Los autores, 2012

3.1.2.3 Caracterización conversión del plástico con termosellado. *Las características del proceso de termosellado se pueden ver en la siguiente ficha técnica (Ver tabla 23).*

Tabla 23. Caracterización de conversión del plástico con termosellado.

<b>OBJETIVO</b>	
Determinar los pasos a seguir para realizar la conversión de las películas plásticas flexibles en el equipo de Termosellado.	
<b>LIDER</b>	<b>ALCANCE</b>
Docente responsable de la práctica	Aplica desde la recolección del rollo de película plástica flexible monocapa hasta la obtención de empaques primarios para alimentos.
<b>RESPONSABILIDADES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es responsabilidad del estudiante practicante que opera el equipo la aplicación del presente procedimiento.</li> <li>- Es responsabilidad del Docente dar las instrucciones de operación, el seguimiento y control del presente procedimiento.</li> </ul>	
<b>INSUMOS</b>	<b>PRODUCTOS</b>
Rollos de película plástica flexible monocapa.	Empaques primarios para alimentos

<b>SUBPROCESOS</b>		
Preparación rollo Alistamiento de equipo de termosellado Empaque del producto definido en la práctica Control de calidad de producto Almacenamiento		
<b>PROVEEDORES</b>	<b>CLIENTES</b>	
Subproceso de extrusión	Estudiantes en práctica Reciclaje de películas plásticas	
<b>DOCUMENTOS RELACIONADOS</b>	<b>INDICADORES</b>	
Guía de laboratorio de termosellado (será suministrada por el proveedor del laboratorio) Ficha técnica del equipo de termosellado	# rollo de película flexible/# empaques primarios # productos defectuosos #productos/día	
<b>CARGOS</b>	<b>RECURSOS</b>	
Estudiante Docente Auxiliar de laboratorio	Equipo de termosellado Báscula analítica Calibrador de espesores Mesa de 800 x 2000 mm Plantilla para toma de muestras Regla de corte Instrumentos de corte	
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:
_____	_____	_____
KELLY DÍAZ / CAMILO RONDÓN		

Fuente: Los autores, 2012

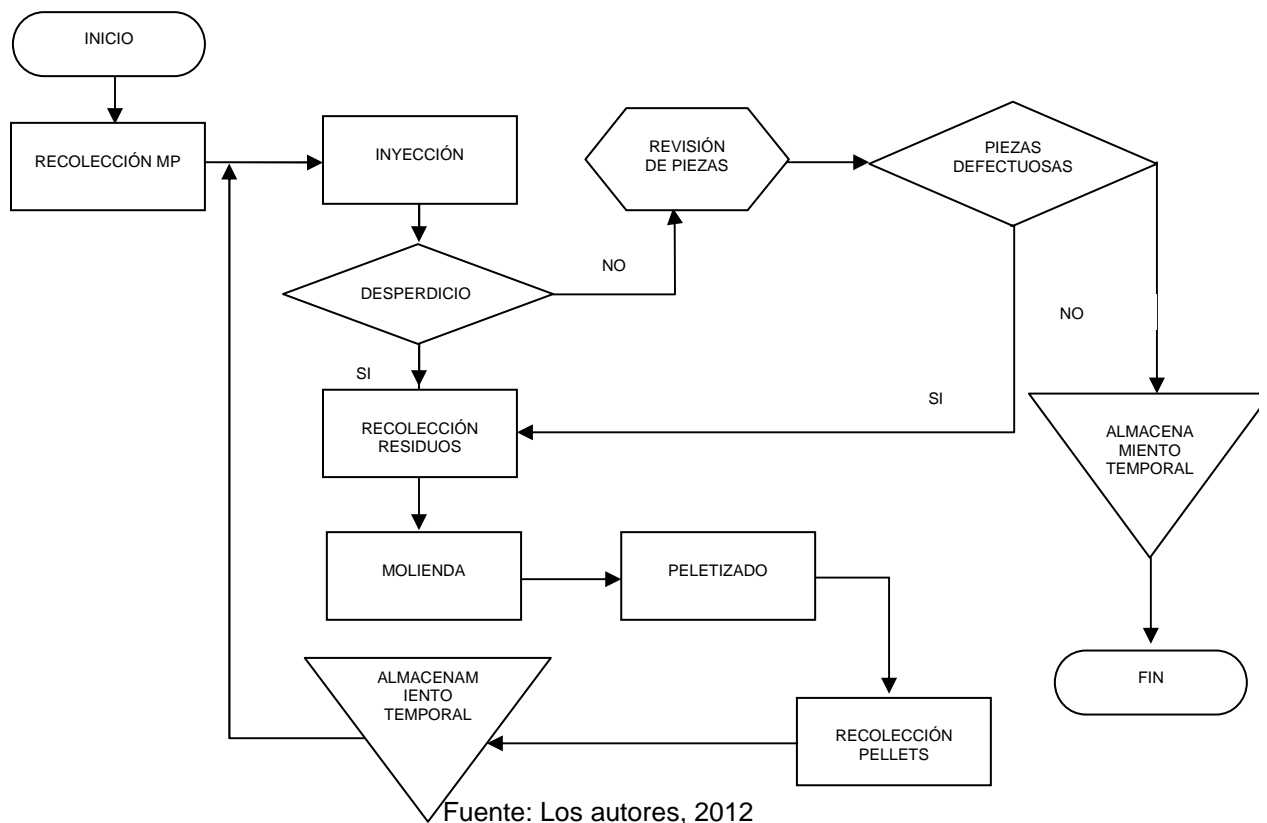
3.1.3. Subproceso elaboración de piezas plásticas. Este subproceso se realiza a través del proceso de inyección. Es importante mencionar que para este subproceso también se han incluido procesos de recolección de residuos con el fin

de presentar en el laboratorio una conciencia ecológica que permita a los estudiantes conocer las bondades de esta clase de prácticas.

La descripción de esta parte del proceso, se realiza a través de un diagrama de flujo, la caracterización del subproceso y un diagrama del procedimiento, que muestra el flujo de las actividades, el alcance y los indicadores de medición de los resultados.

3.1.3.1 Diagrama de flujo subproceso elaboración de piezas plásticas con Inyección. En la figura 3 se presenta el diagrama de flujo del proceso de inyección, en el cual, al igual que le anterior, permite observar paralelamente el proceso de recolección de residuos para el reciclaje.

Figura 3. Diagrama de flujo subproceso elaboración de piezas plásticas con Inyección



3.1.3.2 Caracterización transformación del plástico en la inyectora. *La ficha técnica presentada en la tabla 24, presenta el proceso de inyección con sus características básicas.*

Tabla 24. Caracterización de transformación del plástico en la Inyectora

<b>OBJETIVO</b>	
Determinar los pasos a seguir para la fabricación de piezas plásticas inyectadas.	
<b>LIDER</b>	<b>ALCANCE</b>
Docente responsable de la práctica	Aplica desde la recepción del plástico en presentación pellets hasta la obtención de piezas inyectadas de formas distintas de tamaño pequeño.
<b>RESPONSABILIDADES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es responsabilidad del estudiante practicante que opera la máquina la aplicación del presente procedimiento.</li> <li>- Es responsabilidad del Docente dar las instrucciones de operación, el seguimiento y control del presente procedimiento.</li> </ul>	
<b>INSUMOS</b>	<b>PRODUCTOS</b>
Polietileno de baja densidad (PEBD) Polietileno lineal de baja densidad (PELBD) Polietileno de alta densidad (PEAD) Polipropileno (PP)	Piezas inyectadas de 20 gramos.
<b>SUBPROCESOS</b>	
Preparación materia prima Revisión máquina Programación de producción Revisión y control de producto en proceso Control de calidad de producto Pesaje y almacenamiento	
<b>PROVEEDORES</b>	<b>CLIENTES</b>
Teclink Empresas de manufactura de plásticos Proceso de reciclaje de residuos de la inyección	Estudiantes en práctica Reciclaje de piezas plásticas
<b>DOCUMENTOS RELACIONADOS</b>	<b>INDICADORES</b>
Guía de laboratorio de Inyección (será suministrada)	Cantidad MP/piezas inyectadas

por el proveedor del laboratorio) Ficha técnica de la máquina inyectora	# productos defectuosos #productos/día
<b>CARGOS</b>	<b>RECURSOS</b>
Estudiante Docente Auxiliar de Laboratorio	Máquina inyectora Báscula analítica Calibrador de espesores Mesa de 800 x 2000 mm Plantilla para toma de muestras Regla de corte Instrumentos de corte
ELABORÓ:	REVISÓ:
_____	_____
KELLY DÍAZ / CAMILO RONDÓN	_____
APROBÓ:	

Fuente: Los autores, 2012

3.1.4. Subproceso reciclaje de residuos plásticos provenientes de la extrusión, inyección y termosellado. El proceso de reciclaje de residuos plásticos, como se mencionó anteriormente, tiene como objetivo incluir el componente de conciencia ecológica necesario para que los estudiantes que hagan uso del laboratorio tomen conciencia de la importancia de concebir procesos integrales.

En los diagramas de flujo presentados se incluye el componente de reciclaje, por tanto solo se limitará a hacer la caracterización del procedimiento.

3.1.4.1 Caracterización del reciclaje de residuos plásticos. *Las características generales del proceso de reciclaje del laboratorio de plásticos son presentadas en la tabla 25.*

Tabla 25. Caracterización del reciclaje de residuos plásticos

<b>OBJETIVO</b>	
Determinar los pasos a seguir para realizar el reciclaje de los residuos plásticos provenientes de la extrusión y la inyección.	
<b>LIDER</b>	<b>ALCANCE</b>
Docente responsable de la práctica	Aplica desde la recolección de los residuos que se generan en la extrusión e inyección del plástico hasta la reincorporación del material reciclado en los procesos de extrusión e inyección.
<b>RESPONSABILIDADES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es responsabilidad del estudiante practicante que opera la máquina la aplicación del presente procedimiento.</li> <li>- Es responsabilidad del Docente dar las instrucciones de operación, el seguimiento y control del presente procedimiento.</li> </ul>	
<b>INSUMOS</b>	<b>PRODUCTOS</b>
Polietileno de baja densidad (PEBD) Polietileno lineal de baja densidad (PELBD) Polietileno de alta densidad (PEAD) Polietileno lineal metalocénico (PELM) Polipropileno (PP)	Pellets
<b>SUBPROCESOS</b>	
Aglutinado Molienda Peletizado Control de calidad de producto Pesaje y almacenamiento	
<b>PROVEEDORES</b>	<b>CLIENTES</b>
Proceso de reciclaje de residuos de la extrusión Proceso de reciclaje de residuos de la inyección	Proceso de extrusión Proceso de inyección
<b>DOCUMENTOS RELACIONADOS</b>	<b>INDICADORES</b>
Ficha técnica de la máquina aglutinadora Ficha técnica de la máquina peletizadora Guía de laboratorio aglutinadora de películas (Suministrada por proveedor) Guía de laboratorio molino de gruesos (Suministrada por proveedor)	Cantidad MP/rollo de película flexible # productos defectuosos #productos/día

CARGOS	RECURSOS										
Estudiante Docente Auxiliar de laboratorio	Máquina extrusora Máquina inyectora Aglutinador de películas Molino de gruesos Báscula analítica Calibrador de espesores Mesa de 800 x 2000 mm Plantilla para toma de muestras Regla de corte Instrumentos de corte										
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 33%;">ELABORÓ:</td> <td style="text-align: center; width: 33%;">REVISÓ:</td> <td style="text-align: center; width: 33%;">APROBÓ:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">KELLY DÍAZ / CAMILO RONDÓN</td> </tr> </table>			ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	_____	_____	_____	KELLY DÍAZ / CAMILO RONDÓN		
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:									
_____	_____	_____									
KELLY DÍAZ / CAMILO RONDÓN											

Fuente: Los autores, 2012

### 3.2 FORMULACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Además de la descripción de los procesos y subprocesos del laboratorio de plásticos, es necesario formular el proceso productivo integral de forma general, para ello, se utilizan dos herramientas: el diagrama de actividades del proceso y el recorrido del material en la planta.

3.2.1. Diagrama de Actividades. El proceso de producción de la manufactura de plásticos en el laboratorio de procesos industriales, se subdivide en dos grandes procesos, cuya materia prima son los pellets. Estos procesos poseen en común una actividad que además es el final y comienzo de cada uno de los procesos mencionados, como es el reciclaje de residuos.



En primera medida se encuentra la elaboración de empaques de alimentos, conformado por los subprocesos de: extrusión y termosellado. En segundo lugar está el proceso de inyección, el cual está compuesto por: Inyección. Estos procesos se presentan en las tablas 26 y 27. Pero de ambos procesos se desprenden el reciclaje de plásticos a través de la molienda, aglutinado y peletizado.

Tabla 26 . Diagrama de actividades del proceso de extrusión

PASO No.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES	INSUMO	SIMBOLO							
			○	➔	◐	◻	◻	▽		
1	Inspeccionar condiciones de seguridad de la máquina extrusora									
2	Revisar programación de producción									
3	Revisar y alimentar tolva	Pellets								
4	Verificar indicadores de temperatura (Ver Anexo Ficha Técnica Extrusora)									
5	Revisar y ajustar velocidad tornillo extrusión (Ver Anexo Ficha Técnica Extrusora)									
6	Fijar y atender la burbuja plástica									
7	Verificar el ajuste y graduación del tren de embobinado									
8	Examinar y controlar de manera constante el sistema de enfriamiento por aire de la corona principal y las tres coronas de salida de la película del molde/dado									
9	Examinar y vigilar el tren de embobinado									
10	Conservar y controlar la velocidad de los rodillos									
11	Tomar muestra para revisar y verificar espesor de la película									
12	Alternar uso de rodillos de embobinado									
13	Medir rollo									
14	Cortar rollo de película									
15	Pesar rollo									
16	Transportar rollo de película al almacén de productos en proceso									
17	Almacenar en almacén de productos en proceso temporalmente									
18	Transporte de rollo de película flexible									
19	Corte de película flexible									
20	Revisar y ajustar máquina termoselladora									
21	Termosellar	Película flexible								
22	Transportar producto terminado al almacén									
23	Almacenar en almacen de producto terminado									
	SUBPRODUCTO									

Continuación Tabla 26. Diagrama de actividades del proceso de extrusión

PASO No.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES	INSUMO	SIMBOLO							
			○	➔	D	□	◻	▽		
13	Recolección de desperdicio									
14	Transporte de desperdicio									
15	Inspeccionar condiciones de seguridad de la máquina									
16	Revisión y ajuste tablero de control máquina aglutinadora									
17	Alimentar manualmente aglutinadora con el desperdicio de la extrusión	Residuos película plástica								
18	Aglutinar									
19	Manipular material en la aglutinadora									
20	Suministrar agua	Agua								
21	Recolectar plástico aglutinado									
22	Transportar material aglutinado									
23	Revisar y ajustar tablero de control máquina peletizadora									
24	Alimentación de la tolva de la peletizadora	Material plástico viscoso								
25	Peletizar									
26	Examinar y controlar constantemente la operación de la máquina									
27	Recolectar pellets									
28	Almacenar temporalmente los pellets en almacén de productos en proceso									
29	Transporte pellets a máquina extrusora									
30	Alimentación tolva de extrusora con pellets									
<b>Reciclaje de residuos y/o producto defectuoso</b>										
	$\Sigma$		18	6	0	9	5	3		

Fuente: Los autores, 2012

Tabla 27. Diagrama de actividades del proceso de inyección

PASO No.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES	INSUMO	SIMBOLO							
			○	⇒	D	□	⊗	▽		
1	Inspeccionar condiciones de seguridad de la máquina									
2	Revisar programación de producción									
3	Revisar y alimentar tolva	Pellets								
4	Verificar indicadores de temperatura (Ver Anexo Ficha Técnica Inyectora)									
5	Revisar y ajustar velocidad tornillo sinfín (Ver Anexo Ficha Técnica Inyectora)									
6	Medir voltaje y corriente del motor (Ver Anexo Ficha Técnica Inyectora)									
7	Manipular y graduar tablero de control (Ver Anexo Ficha Técnica Inyectora)									
8	Definir la duración del ciclo									
9	Retirar pieza inyectada									
10	Revisión de piezas									
11	Separación de piezas defectuosas									
12	Transportar producto terminado al almacén									
13	Almacenar en almacén de producto terminado									
	SUBPRODUCTO									
12	Recolección de piezas defectuosas									
13	Transporte de piezas defectuosas									
14	Inspeccionar condiciones de seguridad de la máquina									
15	Revisión y ajuste tablero de control molino de gruesos									
16	Alimentar manualmente molino de gruesos	Piezas defectuosas								
17	Moler									
18	Recolectar plástico molido									
19	Transportar material molido									
20	Revisar y ajustar tablero de control máquina peletizadora									






PASO No.	DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES	INSUMO	SIMBOLO						
			○	⇒	D	□	◻	▽	
21	Alimentación de la tolva de la peletizadora	Material plástico molido							
22	Peletizar								
23	Examinar y controlar constantemente la operación de la máquina								
24	Recolectar pellets								
25	Almacén temporalmente los pellets en almacén de productos en proceso								
26	Transporte pellets a máquina extrusora								
27	Alimentación tolva de extrusora con pellets								
	<b>Reciclaje de residuos y/o pieza defectuosa</b>								
	$\Sigma$		12	4	0	5	6	2	

Fuente: Los autores, 2012

### 3.3DIAGRAMA DE RECORRIDO EN PLANTA

Para comprender mejor el diagrama presentado, a continuación se representa gráficamente la simbología utilizada (Ver tabla 28):

Tabla 28. Simbología diagrama de recorrido actividades

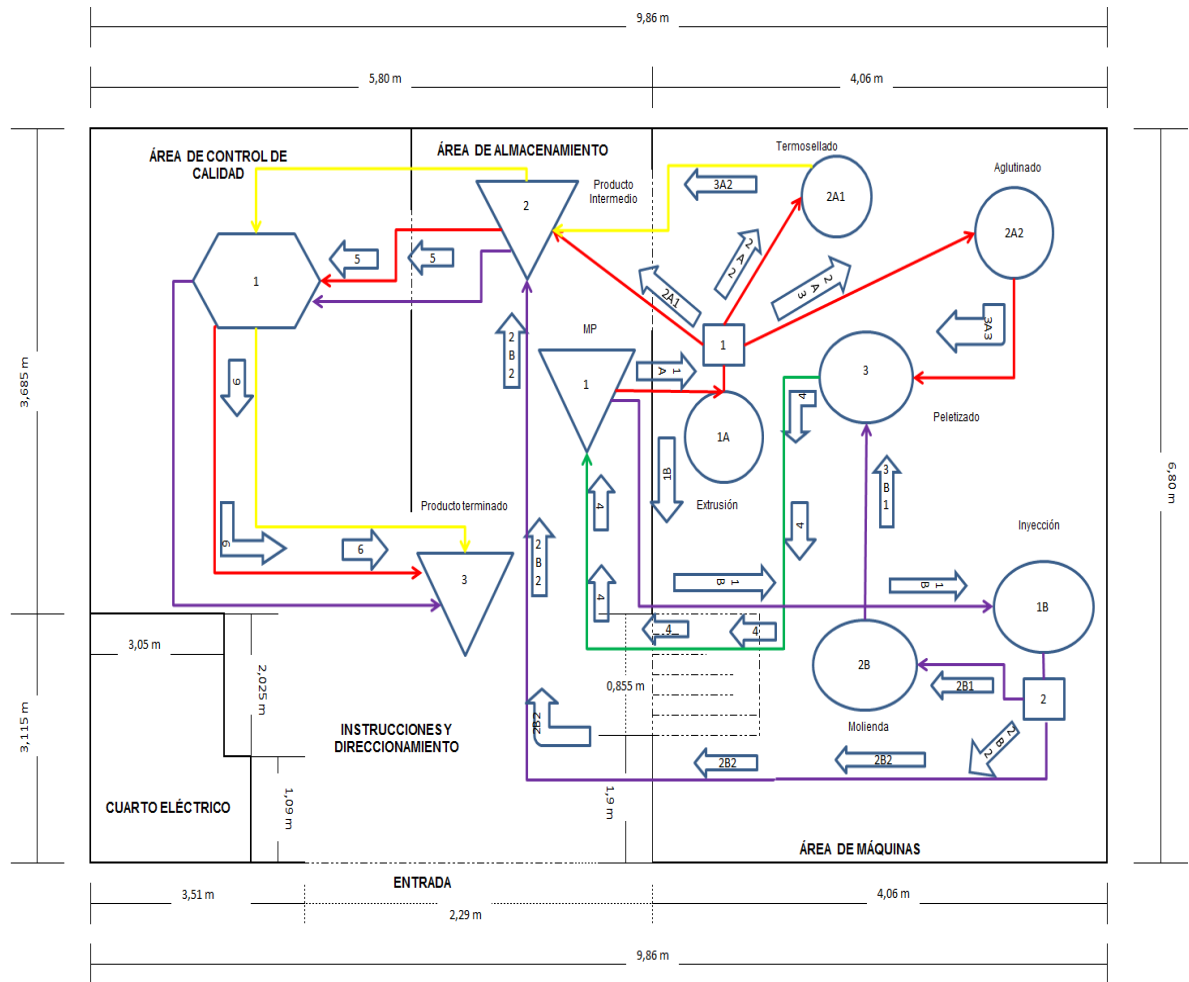
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Operación
	Transporte
	Decisión
	Inspección
	Almacenamiento

Fuente: Los autores, 2012

Con base en lo anterior, se presenta en la Figura 4 el diagrama de recorrido del producto en la planta, para lo cual inicialmente se tomaron medidas del área del desaparecido laboratorio de fundición, encontrando que el espacio es suficiente para instalar el laboratorio de plásticos; esto va acompañado de un registro fotográfico (Ver Anexo H). La nomenclatura del diagrama se agrupó de acuerdo a los símbolos y las flechas de colores que muestran el flujo que sigue la materia prima por las distintas áreas, para posteriormente convertirse en productos intermedios y terminados, tales colores representan los siguientes productos:

- Rojo: Rollos de película
- Violeta: Piezas inyectadas
- Amarillo: Empaque de alimentos
- Verde: Pellets

Figura 4. Diagrama de recorrido en planta



Fuente: Los autores, 2012

La figura anterior muestra el flujo que sigue la materia prima entre las siguientes áreas, las cuales presentan una breve descripción.

1. Control de calidad: El objetivo de esta área es medir la eficacia de los procesos realizados en el laboratorio de plásticos a través de un control de calidad de los productos terminados, además permite mostrar a los usuarios la importancia de esta área en las empresas.

2. Almacenamiento: El objetivo de esta segunda área es el de mantener el producto intermedio y terminado en buen estado en los tiempos que no está dentro del proceso de producción.
3. Producción: Es el área en donde se transforma la materia prima en producto terminado a través de los procesos de extrusión, inyección, molienda, peletizado, aglutinado y termosellado.



#### **4. REALIZAR EL ESTUDIO TÉCNICO QUE ABARCA LA INGENIERÍA BÁSICA DEL PRODUCTO Y DEL PROCESO PRODUCTIVO**

La definición del proceso productivo a realizar en el laboratorio de plásticos permite tener una idea general de la forma en que va a operar el laboratorio, sin embargo, este estudio es necesario ampliarlo con la definición de la ingeniería básica, tanto del proceso, como del producto a utilizar, con el fin de elaborar un protocolo de trabajo seguro, el cual complete las características del proceso que se desea obtener, tales como la inclusión de temas de seguridad industrial en el trabajo.

De esta manera, se presenta inicialmente un estudio y definición de la materia prima usada, seguido de un estudio y definición de la maquinaria y equipos necesarios para realizar el proceso productivo, para poder obtener el diseño y distribución del laboratorio y tomar las anteriores como base para definir el protocolo de trabajo seguro.

##### **4.1 ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

La materia prima utilizada para la transformación, por medio de la inyección y la extrusión, se denota básicamente en 5 materiales: Polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno lineal de baja densidad (PELBD), polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno lineal metalocénico (PELM) y polipropileno (PP), los cuales se describen a continuación.

4.1.1. Ficha técnica del polietileno de baja densidad (PEBD). En la tabla 29, se presenta la ficha técnica de la primera materia prima utilizada, en la cual se puede observar las características generales del PEBD.

Tabla 29. Ficha Técnica del PEBD<sup>35</sup>

<b>NOMBRE</b>													
Polietileno de baja densidad (PEBD)													
<b>ESTRUCTURA QUÍMICA</b>	<b>PRINCIPALES USOS</b>												
(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sacos y bolsas plásticas.</li> <li>• Film para invernaderos y otros usos agrícolas.</li> <li>• Juguetes.</li> <li>• Objetos de menaje, como vasos, platos, cubiertos, entre otros.</li> <li>• Botellas</li> </ul>												
<b>PROPIEDADES</b>													
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Absorción de Agua - en 24 horas ( % )</td> <td>&lt;0,015</td> </tr> <tr> <td>Densidad ( g cm<sup>-3</sup> )</td> <td>0,92</td> </tr> <tr> <td>Índice refractivo</td> <td>1,51</td> </tr> <tr> <td>Índice de oxígeno límite ( % )</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Inflamabilidad</td> <td>Si</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a los ultra-violetas</td> <td>Aceptable</td> </tr> </tbody> </table>	Absorción de Agua - en 24 horas ( % )	<0,015	Densidad ( g cm <sup>-3</sup> )	0,92	Índice refractivo	1,51	Índice de oxígeno límite ( % )	17	Inflamabilidad	Si	Resistencia a los ultra-violetas	Aceptable
Absorción de Agua - en 24 horas ( % )	<0,015												
Densidad ( g cm <sup>-3</sup> )	0,92												
Índice refractivo	1,51												
Índice de oxígeno límite ( % )	17												
Inflamabilidad	Si												
Resistencia a los ultra-violetas	Aceptable												
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS</b>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena resistencia térmica y química.</li> <li>• Buena resistencia al impacto.</li> <li>• Es de color lechoso, puede llegar a ser transparente dependiendo de su espesor.</li> <li>• Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión.</li> <li>• Es más flexible que el polietileno de alta densidad.</li> <li>• Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.</li> <li>• Densidad de 0.92 g/cc.</li> </ul>													

<sup>35</sup> ESCUDERO Acevedo, Mario. Tesis Doctoral: Estudio de la influencia de las ramificaciones en la Degradación de copolímeros de etileno alfa-olefinas Metalocénicos. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ciencia de los Materiales. Universidad de Chile. 2007. P. 5.

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:
_____	_____	_____
KELLY DÍAZ / CAMILO RONDÓN		

Fuente: Los autores, 2012

4.1.2. Ficha técnica del Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD) .Las características generales del PELBD son presentadas en la tabla 30, esta materia prima es básicamente una mezcla entre polietileno de alta y de baja densidad.

Tabla 30. Ficha Técnica del PELBD<sup>36</sup>

<b>NOMBRE</b>			
Polietileno lineal de baja densidad (PELBD)			
<b>ESTRUCTURA QUÍMICA</b>		<b>PRINCIPALES USOS</b>	
(-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>		Aislantes en instalaciones eléctricas de baja y alta tensión.	
<b>PROPIEDADES</b>			
	Color	Traslúcido	
	Olor	Inodoro	
	Punto de fusión promedio	110°C	
	Nivel de conductividad térmica	Bajo	
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS</b>			
Es esencialmente una mezcla de polietileno de alta densidad y polietileno de baja densidad.			
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	

<sup>36</sup> Ibíd., P.5.

Fuente: Los autores, 2012

4.1.3. Ficha técnica del polietileno de alta densidad (PEAD). Los datos presentados en la tabla 31, corresponden a las características generales del PEAD, esta materia prima es apta para empaques de alimentos entre otros usos.

Tabla 31. Ficha Técnica del PEAD<sup>37</sup>

<b>NOMBRE</b>	
Polietileno de alta densidad (PEAD)	
<b>ESTRUCTURA QUÍMICA</b>	<b>PRINCIPALES USOS</b>
(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envases de alimentos, detergentes, y otros productos químicos.</li> <li>• Artículos para el hogar.</li> <li>• Juguetes.</li> <li>• Acetábulos de prótesis femorales de caderas.</li> <li>• Dispositivos protectores (Cascos, rodilleras, coderas).</li> <li>• Impermeabilización de terrenos (Vertederos, piscinas, estanques, pilas dinámicas en la gran minería).</li> <li>• Empaques para partes automotrices.</li> <li>• Charolas (Trays) termoformados con la forma geométrica de la parte a contener.</li> <li>• Tarimas.</li> <li>• Ush (PALLETS)</li> </ul>
<b>PROPIEDADES</b>	
Cristalinidad	90%

<sup>37</sup> Ibíd., P.6.

Temperatura de transición vítrea	-30°C y a -80 °C
Punto de fusión	135°C
Propiedades ópticas	Opaco.
Densidad	945 - 960 kg por m3
Viscosidad	Elevada
Flexibilidad	Comparativamente, es más flexible que el polipropileno

### CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Excelente resistencia térmica y química.
- Muy buena resistencia al impacto.
- Es sólido, incoloro, translúcido, casi opaco.
- Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión.
- Es flexible, aún a bajas temperaturas.
- Es tenaz.
- Es más rígido que el polietileno de baja densidad.
- Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.
- Es muy ligero.
- Su densidad es igual o menor a 0.952 g/cm3.
- No es atacado por los ácidos, resistente al agua a 100 °C y a la mayoría de los disolventes ordinarios.

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

\_\_\_\_\_

KELLY DÍAZ / CAMILO RONDÓN

Fuente: Los autores, 2012

4.1.4. Ficha técnica del polietileno lineal metalocénico (PELM). Esta materia prima corresponde a un PEBD procesado con catalizadores metalocénos, el cual le da unas características de mejor resistencia a la punción (Ver tabla 32).

Tabla 32. Ficha Técnica del PELM<sup>38</sup>

<b>NOMBRE</b>									
Polietileno lineal metalocénico (PELM)									
<b>ESTRUCTURA QUÍMICA</b>	<b>PRINCIPALES USOS</b>								
(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> con catalizadores metalocénos	Sellante para bolsas de leche Bolsas doypack Aplicaciones de llenado en caliente Empaques de café.								
<b>PROPIEDADES QUÍMICAS</b>									
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Densidad aproximada</td> <td>0,91-0,93g/cc</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de fusión</td> <td>100-125°C</td> </tr> <tr> <td>Calor de fusión</td> <td>15-43 (cal/g)</td> </tr> <tr> <td>Expansividad térmica</td> <td>70-150</td> </tr> </tbody> </table>		Densidad aproximada	0,91-0,93g/cc	Temperatura de fusión	100-125°C	Calor de fusión	15-43 (cal/g)	Expansividad térmica	70-150
Densidad aproximada	0,91-0,93g/cc								
Temperatura de fusión	100-125°C								
Calor de fusión	15-43 (cal/g)								
Expansividad térmica	70-150								
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS</b>									
<p>Por ofrecer mejores resistencias a la punción y desgarre es frecuentemente usado para el empaque bolsa en caja.</p> <p>Empaque no pelable de polvos homeables, empaque termoencogible.</p> <p>Por su alta transmisión de gases, se usa en bolsas respirables para vegetales.</p>									
ELABORÓ:	REVISÓ: APROBÓ:								

<sup>38</sup> Ibid., P.8.

Fuente: Los autores, 2012

4.1.5. Ficha técnica del Polipropileno (PP). En la tabla 33 están las características básicas de la última materia prima: El polipropileno.

Tabla 33. Ficha Técnica del PP<sup>39</sup>

<b>NOMBRE</b>									
Polipropileno (PP)									
<b>ESTRUCTURA QUÍMICA</b>	<b>PRINCIPALES USOS</b>								
(C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> ) <sub>n</sub>	Empaques para alimentos Tejidos Equipo de laboratorio Componentes automotrices Películas transparentes								
<b>PROPIEDADES</b>									
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Densidad aproximada</td> <td>0,90-0,93g/cc</td> </tr> <tr> <td>Rigidez</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td>Recuperación elástica</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td>Resistencia al impacto</td> <td>Alta</td> </tr> </tbody> </table>		Densidad aproximada	0,90-0,93g/cc	Rigidez	Alta	Recuperación elástica	Alta	Resistencia al impacto	Alta
Densidad aproximada	0,90-0,93g/cc								
Rigidez	Alta								
Recuperación elástica	Alta								
Resistencia al impacto	Alta								
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS</b>									
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, sólo que uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene unido un grupo metilo.</li> <li>- El polipropileno se puede hacer a partir del monómero propileno, por polimerización Ziegler-Natta y por polimerización catalizada por metalocenos.</li> </ul>									
ELABORÓ:	REVISÓ:                      APROBÓ:								

<sup>39</sup> Ibid., P.8.

De acuerdo con lo anterior, las principales materias primas utilizadas para el proceso del laboratorio de plásticos poseen usos comunes en función de la realización de empaques de diferentes tipos, por lo que es posible concluir que, son las materias primas adecuadas para el proceso planteado.

## 4.2 ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE LA MAQUINARIA Y EQUIPOS

Para la definición y descripción de la maquinaria y equipos a utilizar se presentan, una breve descripción del proceso llevado a cabo. Es importante mencionar que solamente se tendrán en cuenta para esta descripción la maquinaria que represente un subproceso, las demás se describen de forma más general, la cotización de los equipos se presenta en el Anexo I. Cotización Teclink Ltda.

4.2.1. Proceso de extrusión. Según Anguita<sup>40</sup>, la extrusión hace referencia a cualquier operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante y, en principio, longitud indefinida. Existen diferentes materiales que pueden ser procesados por este medio, tales como los plásticos, metales, cerámicas o hasta alimentos.

En el caso de los plásticos este es uno de los procesos más importantes de transformación, las extrusoras más usadas son las de tornillo o de husillo simple.

<sup>40</sup> ANGUIA, Ramón. "Extrusión de Plásticos" H. Blume Ediciones, Madrid, 1977.



De acuerdo con Anguita<sup>41</sup> en el proceso de extrusión, por lo general, el polímero se alimenta en forma sólida y sale de la extrusora en estado fundido. En algunas ocasiones el polímero se puede alimentar fundido, procedente de un reactor. Para el caso más corriente de la extrusión de un polímero inicialmente sólido que funde en el proceso, la extrusora, y en concreto una de husillo único, puede realizar seis funciones principales:

- Transporte del material sólido hacia la zona de fusión
- Fusión o plastificación del material
- Transporte o bombeo y presurización del fundido
- Mezclado
- Desgasificado
- Conformado

4.2.2. Proceso de inyección. La inyección, es un proceso adecuado para piezas de gran consumo. La materia prima se puede transformar en un producto acabado en un solo paso. Con la inyección se pueden obtener piezas de variado peso y con geometrías complicadas<sup>42</sup>. Las características más importantes del proceso de inyección son las siguientes:

1. La pieza se obtiene en una sola etapa.
2. Se necesita poco o ningún trabajo final sobre la pieza obtenida.
3. El proceso es totalmente automatizable.
4. Las condiciones de fabricación son fácilmente reproducibles.
5. Las piezas acabadas son de una gran calidad.

Para el caso de la inyección de plásticos, se han de tener en cuenta las siguientes restricciones:

---


<sup>41</sup> IBID, P. 4.


<sup>42</sup> GASTROW, Hans. Modelos de inyección de plásticos. 1992. Ed. Barcelona Activa. España.

- Dimensiones de la pieza: Tendrán que ser reproducibles y de acuerdo a unos valores determinados, lo que implicará minimizar las contracciones de la misma.
- Propiedades mecánicas: La pieza deberá resistir las condiciones de uso a las que esté destinada durante un tiempo de vida largo.
- Peso de la pieza: Es de gran importancia, sobre todo, porque está relacionada con las propiedades de ella.
- Tiempo de ciclo: Para aumentar la producción será necesario minimizar, en lo posible, el tiempo de ciclo de cada pieza.
- Consumo energético: Una disminución del consumo energético implicará un menor coste de producción

Para el caso de la demás máquinas y equipos no es necesario describirlas dado que solo hacen parte de la indumentaria básica del laboratorio. Las fichas técnicas de las máquinas utilizadas, se presentan a continuación (Ver tablas 34 a 39):


Tabla 34. Ficha técnica de la extrusora


 Universidad Libre de Colombia	<b>FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA EXTRUSORA</b>		<b>PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
			<b>LABORATORIO DE PLÁSTICOS</b>
<b>Preparado por:</b> Kelly Díaz Camilo Rondón	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b> 31 de enero de 2013	<b>Versión:</b> 2013

<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>	Equipo diseñado con un tornillo horizontal que permite al material pasar a través de él y convertirse en rollos de material plano. Usado específicamente para extruir polietileno.		
<b>MODELO</b>	MP 35/30	<b>Fecha de compra:</b>	
<b>MARCA</b>	Teclink		
<b>POTENCIA</b>	1 KW		
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>			
<b>Diámetro tornillo</b>	35mm		
<b>Dimensiones (m):</b>	$l = 1,3; a = 0,5; al = 1,5$		
<b>Velocidad máxima:</b>	120 rpm.		
<b>Alimentación</b>	220W 50/60Hz		
<b>Potencia motor:</b>	3,75 kw		
<b>Zonas recalentamiento:</b>	3 + 2		
<b>Potencia térmica:</b>	10 KW		
<b>Producción máxima:</b>	12Kg/h		
<b>Consumo agua:</b>	0,3 m3/h		
<b>Peso:</b>	600kg		
<b>OBSERVACIONES:</b> Para el área de trabajo es necesario tener de largo = 1,93 m y de ancho = 1,07 m. <b>Equipo complementario:</b> Haladores 3-Roll flat-film take off unit, chiller de enfriamiento.			

Fuente: Teclink. Cotización realizada el día 31 de enero de 2012. Especificaciones técnicas de los equipos del laboratorio de plásticos de la Universidad Libre.

Tabla 35. Ficha técnica de la inyectora


 Universidad Libre de Colombia	<b>FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA INYECTORA</b>		<b>PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
			<b>LABORATORIO DE PLÁSTICOS</b>
<b>Preparado por:</b> Kelly Díaz Camilo Rondón	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b> 31 de enero de 2013	<b>Versión:</b> 2013

<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>		Equipo diseñado con un tornillo horizontal que permite al material pasar a través de él y convertirse en piezas pequeñas de diferentes formas. Usado específicamente para inyectar plásticos.
<b>MODELO</b>	JND 1380	<b>Fecha de compra:</b>
<b>MARCA</b>	Teclink	
<b>POTENCIA</b>	7.5 KW	
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>		
Unidad de Cierre Fuerza de cierre(KN):	480	
Apertura máxima de molde(mm):	240	
Capacidad entre barras(mm):	314*270	
Máxima altura de molde(mm):	300	
Mínima altura de molde(mm):	90	
Recorrido del expulsor(mm):	60	
Fuerza del expulsor(KN):	25	
Alimentación:	220W 50/60Hz	
Potencia del motor de la bomba(KW):	7.5	
Potencia de la calefacción(KW):	5.1	
Peso de la máquina(T):	2.2	
Diámetro del tornillo(mm):	30	
Relación(L/D):	22.1	
Volumen de inyección(cm3):	95	
Peso de inyección :	85	


Velocidad de inyección(g/s):	68	
Capacidad de plastificación(g/s):	8.0	
Dimensiones (m):	l = 1,7; a = 0,5; al = 1	
<b>OBSERVACIONES:</b> Para el área de trabajo es necesario contar con el siguiente espacio: largo = 2,3 m y de ancho = 1,07 m. Equipo complementario: Chiller de enfriamiento.		

Fuente: Teclink. Cotización realizada el día 31 de enero de 2012. Especificaciones técnicas de los equipos del laboratorio de plásticos de la Universidad Libre.

Tabla 36. Ficha técnica de la termoselladora

 Universidad Libre de Colombia	<b>FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA TERMOSELLADORA</b>		<b>PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
			<b>LABORATORIO DE PLÁSTICOS</b>
<b>Preparado por:</b> Kelly Díaz Camilo Rondón	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b> 31 de enero de 2013	<b>Versión:</b> 2013

<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>	Equipo con rodachines y compuesto por una superficie horizontal con tapa, que se calienta para convertir la película extruida de plástico en empaques para alimentos.	
<b>MARCA</b>	Teclink	<b>Fecha de compra:</b>
<b>POTENCIA</b>	No aplica	
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>		
Temperatura de termo-sellado: Desde ambiente hasta +		


<p>300°C  Exactitud: +/- 0,2 °C  Tiempo de aplicación parámetros termo-sellado: 0,1 a 999,9 s  Presión de Termosellado: 0,05 a 0,7 MPa  Superficie de Termo-sellado: 150 mm X 10 mm (Es posible otra bajo pedido)  Mandíbula Calefactable simple: (1)  Tipo de calefactor: Superficie de calentamiento sencilla  Presión del aire: aprox. De 0,5 a 0,7 MPa ( 5 - 7 Kg / cm<sup>2</sup>)  Tamaño entrada aire: tubo de PU de 6 mm diámetro  Potencia: 680W  Peso: 200KG  Alimentación: 220W 50/60Hz  Dimensiones (m): l = 0,7; a = 0,6; al = 1,5</p>	
<p><b>OBSERVACIONES:</b> Para el área de trabajo es necesario tener de largo = 1,78 m y de ancho = 1,3 m.</p>	

Fuente: Los autores, 2012, a partir de Información tomada de: [www.metrotecgrou.gov.co](http://www.metrotecgrou.gov.co).

Termoselladora de Laboratorio. Fecha consulta: 31 de enero de 2013.


Tabla 37. Ficha técnica de la aglutinadora

 <p>Universidad Libre de Colombia</p>	<p><b>FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA AGLUTINADORA</b></p>		<p><b>PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b></p>
			<p><b>LABORATORIO DE PLÁSTICOS</b></p>
<p><b>Preparado por:</b> Kelly Díaz/ Camilo Rondón</p>	<p><b>Aprobado por:</b></p>	<p><b>Fecha:</b> 31 de enero de 2013</p>	<p><b>Versión:</b> 2013</p>
<p><b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b></p>	<p>Equipo diseñado con una tolva donde se deposita el material reciclado para ser aglutinado, contiene además un ventilador para disminuir el calor del proceso.</p>		
<p><b>MODELO</b></p>	<p>Gr30</p>	<p><b>Fecha de compra:</b></p>	
<p><b>MARCA</b></p>	<p>Teclink</p>		


<b>POTENCIA</b>	No aplica	
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>		
Tipo:	Reciclaje del granulador	
Capacidad kg/h:	30	
Voltaje:	220v	
Potencia:	15kw	
Dimensiones (m):	L1.3 a 0.6 al1.3	
Peso Kg:	1000	
<b>OBSERVACIONES:</b> Para el área de trabajo es necesario tener de largo = 1,5 m y de ancho = 1,5 m.		

Fuente: Los autores, 2012, a partir de Información tomada de: [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). Aglomerador de plásticos. Fecha consulta: 31 de enero de 2013.

Tabla 38. Ficha técnica del molino


 Universidad Libre de Colombia	<b>FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA MOLINO</b>		<b>PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
			<b>LABORATORIO DE PLÁSTICOS</b>
<b>Preparado por:</b> Kelly Díaz Camilo Rondón	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b> 31 de enero de 2013	<b>Versión:</b> 2013

<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>	Equipo diseñado con una tolva en C donde se deposita el material aglomerado para ser molido y trasportado al proceso de peletizado.	
<b>MODELO</b>	vmpc 2660	<b>Fecha de compra:</b>
<b>MARCA</b>	Teclink	
<b>POTENCIA</b>	11 KW	

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
# cuchillas rotativas	12	
# cuchillas fijas	2	
Diametro huecos malla	10 mm	
Peso molino Kg	1200	
Maximo K/H	40	
Medidas boca entrada	400 mm x 240 mm	
Dimensiones (m):	l = 1 a = 0,6; al = 1,4	
<b>OBSERVACIONES:</b> Para el área de trabajo es necesario tener de largo = 1,78 m y de ancho = 1,3 m.		

Fuente: Los autores, 2012, a partir de información tomada de: [www.mercadolibre.com](http://www.mercadolibre.com). Molino para plásticos. Fecha consulta: 31 de enero de 2013.


Tabla 39. Ficha técnica de la peletizadora

 Universidad Libre de Colombia	<b>FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA PELETIZADORA</b>		<b>PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
			<b>LABORATORIO DE PLÁSTICOS</b>
<b>Preparado por:</b> Kelly Díaz Camilo Rondón	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b> 31 de enero de 2013	<b>Versión:</b> 2013

<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>	Equipo diseñado en 4 partes: la primera consta de una tolva de alimentación y la segunda el motor que permite peletizar el material proveniente de la molienda, una piscina de enfriamiento y un cortador..	
<b>MODELO</b>	SJ-20	<b>Fecha de compra:</b>
<b>MARCA</b>	Teclink	
<b>POTENCIA</b>	3KW	



<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
Tamaño Pelet:	2-18m
Motor eléctrico:	3kw
Capacidad kg/h:	40
Dimensiones (m):	l = 0,7; a = 0,45; al = 1,3
Alimentación:	220W 50/60Hz



**OBSERVACIONES:** Para el área de trabajo es necesario tener de largo = 1,68 m y de ancho = 1,07 m.  
Equipos complementarios: piscina de enfriamiento, haladora y cortadora de pelets

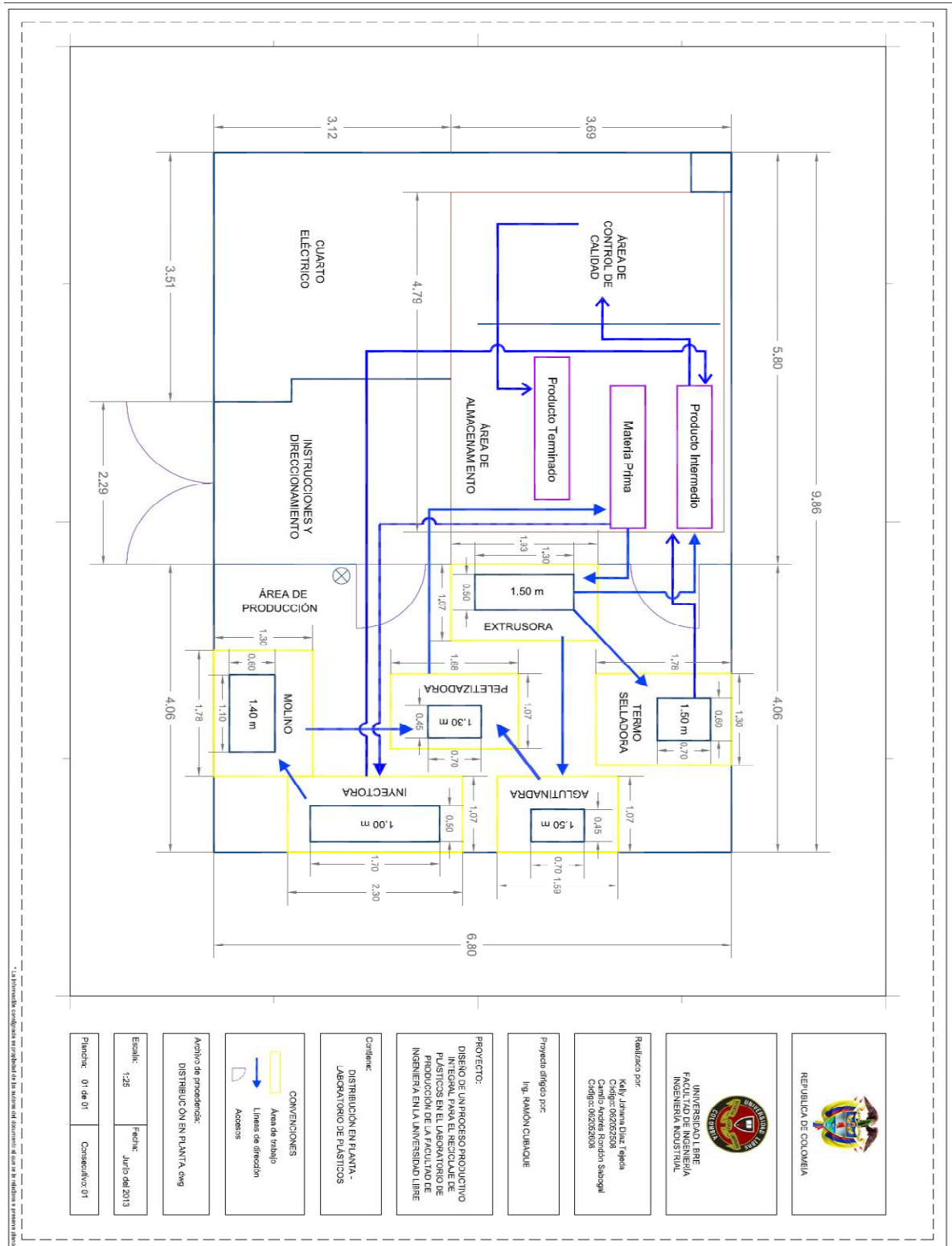
Fuente: Los autores, 2012, a partir de información tomada de: [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). Aglomerador de plásticos. Fecha consulta: 31 de enero de 2013.

#### 4.3 DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO

La distribución del laboratorio se realizó basada en la forma en que el producto hace su recorrido en la planta. El laboratorio está dividido en tres áreas principales: Control de calidad, almacenamiento y producción. A continuación se describe cada área y en la Figura 5 se muestra la distribución propuesta para la planta del laboratorio:

4. Control de calidad: El objetivo de esta área es medir la eficacia de los procesos realizados en el laboratorio de plásticos a través de un control de calidad de los productos terminados, además permite mostrar a los usuarios la importancia de esta área en las empresas.
5. Almacenamiento: El objetivo de esta segunda área es el de mantener el producto intermedio y terminado en buen estado en los tiempos que no está dentro del proceso de producción.
6. Producción: Es el área en donde se transforma la materia prima en producto terminado a través de los procesos de extrusión, inyección, molienda, peletizado, aglutinado y termosellado.

Figura 5. Diagrama de distribución de la planta



Fuente: Los autores, 2012

#### 4.4 PROTOCOLO DE TRABAJO SEGURO

Luego del estudio técnico en donde se describieron las materias primas y la maquinaria y equipo utilizados; es necesario realizar un protocolo de trabajo seguro en el laboratorio que permita dejar las bases suficientes para el correcto funcionamiento del mismo.

##### 4.4.1. Objetivo

- Establecer procedimientos oficiales que permitan realizar los trabajos de manera correcta y segura.
- Garantizar la continuidad de la aplicación de procedimientos de trabajo, cuando exista cambio de personal.

4.4.2. Alcance. Aplica a todas las personas que hacen uso de cualquier área del laboratorio de plásticos de la Universidad Libre.

4.4.3. Herramientas de equipo y de trabajo. Las herramientas y equipo, necesarias para llevar a cabo las labores en el laboratorio son: Máquina extrusora, equipo de termosellado, máquina inyectora, aglutinador de películas, molino de gruesos, peletizadora, báscula analítica, calibrador de espesores, mesa de 800 x 2000 mm, plantilla para toma de muestras, regla de corte, instrumentos de corte.

4.4.4. Responsabilidades. Docente encargado: Se refiere a al personal docente que va a estar encargado de guiar las actividades dentro del laboratorio. Sus responsabilidades son básicamente instruir adecuadamente a los estudiantes practicantes en las tareas de operación, seguimiento y control de las diferentes actividades realizadas dentro del laboratorio.

Estudiante practicante: Son aquellos estudiantes que desean hacer la práctica en el laboratorio. Sus responsabilidades se basan en seguir las instrucciones impartidas por el docente y realizar las actividades de acuerdo con los procedimientos definidos para cada una de ellas.

Todo el personal: Todas las personas que hagan uso del laboratorio deben velar que las actividades se ejecuten de acuerdo a los procedimientos establecidos e informar cualquier desviación al procedimiento normal de trabajo y que ponga en riesgo la continuidad del proceso de transformación de plásticos.

4.4.5. Descripción de la actividad. Para que las actividades llevadas a cabo por los usuarios del laboratorio sean eficientes, se requiere el mejor uso de la gente, equipos, materiales y ambiente, para ello es necesario que cada persona que asiste al laboratorio conozca los procedimientos y los ejecute de forma adecuada.

Por tanto, es necesario en primer lugar que los docentes encargados conozcan los procesos de producción de transformación de plásticos tales como: Extrusión, reciclaje, inyección y termosellado.

De parte de los estudiantes practicantes es importante que sigan las instrucciones impartidas por el docente y que utilicen los elementos de protección entregados para garantizar el aprendizaje y la seguridad del laboratorio.

4.4.5.1 Precauciones a tener en cuenta. Para el correcto desarrollo de las actividades dentro del laboratorio es necesario tener en cuenta que se debe:

- Capacitar y entrenar al personal en el procedimiento requerido para utilizar adecuadamente las máquinas y conocer los factores de riesgo que se generan en la actividad a realizar. También es importante tener conocimiento de las

normas NTC 1771, 1825, 1826, 1827, 1834, 1835, 1836, las cuales demarcan los elementos de protección de los ojos especialmente para el proceso de molienda y aglutinado y de las NTC 2021, 2037 en relación con la protección para el cuerpo en todos los procesos realizados.

- Revisar que las conexiones eléctricas de las máquinas estén en buen estado.
- Colocarse los elementos de protección necesarios.
- Revisar a diario el estado de calidad de los elementos de protección personal suministrados para la realización del trabajo; si alguno presenta desperfectos, solicitar inmediatamente cambio.
- Luego de realizar la actividad asignada, es necesario colocar todos los instrumentos de trabajo en su respectivo lugar, al igual que los elementos de protección.

#### 4.4.5.2 Antes de iniciar actividades.

- Verifique el equipo de protección personal y sus partes.
- Colóquese los elementos de protección personal.
- Realice una inspección visual del lugar donde va a trabajar que no se encuentre quemado ni podrido.
- Sitúe espacialmente las salidas de emergencia y los elementos de seguridad industrial tales como extintores etc.

4.4.5.3 Lista de chequeo. En la tabla 40 se presenta la lista de verificación del protocolo para el trabajo seguro propuesto para el laboratorio de plásticos de la Universidad Libre.

Tabla 40. Lista de verificación del protocolo de trabajo seguro

LISTA DE VERIFICACIÓN			
1	El sitio donde se ejecutará el trabajo está limpio y en orden	SI	N/A
2	Las conexiones eléctricas están en buen estado		
3	El nivel de luz es el adecuado para realizar la labor.		
4	Los equipos y herramientas a utilizar en la labor se encuentran en buenas condiciones (Verificar que equipos y materiales cumplen requerimientos de calidad y seguridad)		
5	El sitio de trabajo está debidamente demarcado.		
6	Recibió claramente las instrucciones necesarias para realizar su labor		
7	Se requiere la presencia de una persona de seguridad de la empresa durante la ejecución de la labor (Cuando el trabajo lo exija por característica del riesgo, se debe coordinar con una persona con conocimientos de seguridad que apoye las actividades en caso de producirse un evento)		
8	Se tienen los elementos de protección personal apropiados para realizar el trabajo (Suministro de elementos de protección apropiados, verificar su estado y uso correcto)		
9	Se garantiza que las personas que realizarán el diligenciamiento del permiso y las que ejecutarán el trabajo conocen el equipo y los procedimientos contemplados para solicitar un permiso (Conocer y cumplir con los requerimientos exigidos, si es la primera vez que lo hacen se deben capacitar y entrenar antes de iniciar la labor)		
10	Hay otros riesgos establecidos en esta lista..... Cuales (De existir otro riesgo se debe controlar y especificar la medida de control utilizada)		

Fuente: Los autores, 2012

**4.4.5.4 Recomendaciones específicas por subproceso.** A continuación se hacen algunas recomendaciones que deben tenerse en cuenta en los subprocesos que permiten obtener los productos definidos.

4.4.5.4.1 Elaboración de rollos de película flexible monocapa y empaque de alimentos. De manera general se presentan ciertas sugerencias en el uso de la extrusora y termoselladora.

- El personal responsable del mantenimiento de la extrusora debe estar calificado para desempeñar esta labor.
- Antes que entre en funcionamiento la máquina extrusora, debe revisarse el voltaje y frecuencia que se indica en la etiqueta.
- Evitar amontonar los rollos de película cerca a la estación de trabajo, esto podría provocar accidentes.
- Disponer del manual de operación de la máquina, con el respectivo plan de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.
- Mantener estación de trabajo limpia y libre de elementos que puedan afectar el proceso.
- Emplear los elementos de protección personal que se requieran.
- Por ningún motivo se debe manipular la máquina con las manos humedecidas, con joyas o artículos de metal que puedan producir un corto circuito.

4.4.5.4.2 Elaboración de piezas inyectadas. De acuerdo a la Norma de competencias para el Operador de máquina inyectora de plástico, del Ministerio de trabajo, empleo y seguridad social y el Sistema nacional de certificación de competencias y formación, de la República de Argentina, Registro No. 1613829, se deben seguir los siguientes parámetros en el manejo de la máquina inyectora:

- Disponer del registro técnico, planilla con la puesta a punto del molde, manual de operación de los equipos y cronograma de mantenimiento preventivo para la máquina inyectora.
- Conservar el espacio de trabajo limpio y ordenado, con el objeto de preservar la calidad, productividad y seguridad requeridas.

- Resguardar la materia prima de la contaminación con otros materiales para asegurar la calidad del producto obtenido y conservación de la máquina.
- Controlar que el funcionamiento de los equipos auxiliares y de la máquina inyectora es el adecuado para iniciar la producción.
- Utilizar los elementos de seguridad personal indicados para cada riesgo, verificando correspondencia y estado de uso.
- Comunicar al docente responsable cualquier irregularidad detectada en la organización del espacio de trabajo.
- Encender la máquina inyectora y los equipos auxiliares, siguiendo la secuencia y procedimiento de puesta en marcha indicado para los mismos.
- Controlar los indicadores de tensión eléctrica, elevación de las temperaturas, aumento de la presión hidráulica, lectura del manómetro, caudalímetro y los niveles de aceite y agua.
- Controlar los dispositivos de seguridad y protección personal de la máquina inyectora, sean estos mecánicos, eléctricos, hidráulicos o neumáticos.
- Realizar tareas de mantenimiento preventivo.

4.4.6. Control de modificaciones. Las modificaciones que se hagan a este procedimiento, deberán quedar registradas en la siguiente tabla:

Tabla 41. Control de modificaciones del protocolo de trabajo seguro

Revisión	Fecha	Descripción de Modificaciones

Fuente: Los autores, 2012

#### 4.5. PLAN FINANCIERO DEL LABORATORIO

El plan financiero brinda una visión económica de la puesta en marcha del laboratorio en la Universidad Libre en su Facultad de Ingeniería.



- Para iniciar el laboratorio la universidad debe invertir aprox. \$ 12.500.000, divididos en la adecuación del local, la publicidad y el capital de trabajo para compras de insumos, lo equivalente a 4 matrículas.
- Los costos y gastos excluyendo depreciación fueron calculados tomando en cuenta la información recolectada a lo largo de toda la investigación. Se realizaron incrementos de año a año en el 5% constante debido al promedio del IPC que se ha presentado en los últimos años.
- La depreciación y amortización de diferidos. En el caso de la depreciación se calculó teniendo en cuenta el método de línea recta con un horizonte de 5 años. Para el caso de la amortización de diferidos se tendrá un horizonte de un año
- El capital de trabajo se calculó teniendo en cuenta el dinero necesario para que el laboratorio funcione durante un mes.
- La inversión inicial se calculó teniendo en cuenta precios actualizados a 31 de enero de 2012, que fueron recolectados mediante la cotización de Teclink Ltda.

4.5.1. Discriminación de la inversión. A continuación se presenta una tabla en la que se aprecia el flujo de las inversiones del proyecto (Ver tabla 42):

Tabla 42. Flujo de inversiones del laboratorio

FIJAS	Año 0
EQUIPOS	-\$ 360.000.000
Costos adecuación local	-\$ 10.000.000
Publicidad	-\$ 1.500.000
INVERSIONES DIFERIDAS	-\$ 11.500.000
CAPITAL DE TRABAJO	-\$ 1.000.000
<b>TOTAL FLUJO DE INVERSIONES</b>	<b>-\$ 372.500.000</b>

Fuente: Los autores, 2012

4.5.2. Flujo de operaciones. En la siguiente tabla se presenta el flujo de operaciones del proyecto:

Tabla 43. Flujo de operaciones

FLUJO DE OPERACIONES	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por matrículas	\$ 1.132.475.495	\$ 1.189.099.269	\$ 1.248.554.233	\$ 1.310.981.945	\$ 1.376.531.042
Costos de operaciones	-\$ 7.206.891	-\$ 7.567.236	-\$ 7.945.597	-\$ 8.342.877	-\$ 8.760.021
Gastos de operaciones	-\$ 14.028.000	-\$ 14.729.400	-\$ 15.465.870	-\$ 16.239.164	-\$ 17.051.122
Depreciaciones	\$ 72.000.000	\$ 72.000.000	\$ 72.000.000	\$ 72.000.000	\$ 72.000.000
Amortización diferidos	-\$ 11.500.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	<b>\$ 1.171.740.604</b>	<b>\$ 1.238.802.634</b>	<b>\$ 1.297.142.765</b>	<b>\$ 1.358.399.904</b>	<b>\$ 1.422.719.899</b>
Impuesto de renta	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Utilidad Neta</b>	<b>\$ 1.171.740.604</b>	<b>\$ 1.238.802.634</b>	<b>\$ 1.297.142.765</b>	<b>\$ 1.358.399.904</b>	<b>\$ 1.422.719.899</b>
Depreciaciones	-\$ 72.000.000	-\$ 72.000.000	-\$ 72.000.000	-\$ 72.000.000	-\$ 72.000.000
utilidad acumulada		\$ 1.111.240.604	\$ 2.278.043.237	\$ 3.503.186.003	\$ 4.789.585.906
Amortización diferidos	\$ 11.500.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>TOTAL FLUJO DE OPERACIONES</b>	<b>\$ 1.111.240.604</b>	<b>\$ 2.278.043.237</b>	<b>\$ 3.503.186.003</b>	<b>\$ 4.789.585.906</b>	<b>\$ 6.140.305.805</b>

Fuente: Los autores, 2012

4.5.3. Flujo de fondos del proyecto. En la siguiente tabla se muestra el flujo de fondos del proyecto que se tendrá en el periodo de tiempo establecido.

Tabla 44. Flujo de operaciones

FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
FLUJO DE INVERSIONES	-\$ 372.500.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
FLUJO DE OPERACIONES		\$ 1.111.240.604	\$ 2.278.043.237	\$ 3.503.186.003	\$ 4.789.585.906	\$ 6.140.305.805
<b>TOTAL FLUJO DE FONDOS</b>	<b>-\$ 372.500.000</b>	<b>\$ 1.111.240.604</b>	<b>\$ 2.278.043.237</b>	<b>\$ 3.503.186.003</b>	<b>\$ 4.789.585.906</b>	<b>\$ 6.140.305.805</b>

Fuente: Los autores, 2012

4.5.4. Indicadores de rentabilidad del proyecto. A continuación, en la tabla 45 se presentan los indicadores de rentabilidad para el proyecto.

Tabla 45. Indicadores de rentabilidad

INDICADORES DE RENTABILIDAD DEL FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO	
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	380,83%
TASA VERDADERA DE RETORNO (TVR)	122,49%
VALOR PRESENTE NETO (26,5%)	\$ 5.870.413.329,00

Fuente: Los autores, 2012

4.5.5. Tabla de amortización del crédito. En la siguiente tabla se presenta la amortización del crédito.

Tabla 46. Amortización del crédito

TABLA DE AMORTIZACIÓN PARA EL CRÉDITO					
TASA DE INTERES		15,93%			
Periodo	Saldo Inicial	Cuota	Intereses	Abono a Capital	Saldo Final
0	\$ 72.500.000,00				\$ 72.500.000,00
1	\$ 72.500.000,00		\$ 11.549.250,00		\$ 84.049.250,00
2	\$ 84.049.250,00		\$ 13.389.045,53		\$ 97.438.295,53
3	\$ 97.438.295,53	\$ 43.335.396,18	\$ 15.521.920,48	\$ 27.813.475,70	\$ 69.624.819,82
4	\$ 69.624.819,82	\$ 43.335.396,18	\$ 11.091.233,80	\$ 32.244.162,38	\$ 37.380.657,45
5	\$ 37.380.657,45	\$ 43.335.396,18	\$ 5.954.738,73	\$ 37.380.657,45	\$ 0,00
FLUJO DE FINANCIACION CON TERCEROS			Tasa de Interes		15,93%
Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
\$ 72.500.000			-\$ 43.335.396	-\$ 43.335.396	-\$ 43.335.396

Fuente: Los autores, 2012

4.5.6. Flujo de fondos del inversionista. En la siguiente tabla se presenta el flujo de fondos del inversionista.

Tabla 47. Flujo de fondos del inversionista

FLUJO DE FONDOS DEL INVERSIONISTA						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de Fondos del proyecto	-\$ 372.500.000	\$ 1.111.240.604	\$ 2.278.043.237	\$ 3.503.186.003	\$ 4.789.585.906	\$ 6.140.305.805
Flujo de financiación de terceros				-\$ 43.335.396	-\$ 43.335.396	-\$ 43.335.396
<b>FLUJO NETO INVERSIONISTA</b>	<b>-\$ 372.500.000</b>	<b>\$ 1.111.240.604</b>	<b>\$ 2.278.043.237</b>	<b>\$ 3.459.850.607</b>	<b>\$ 4.746.250.510</b>	<b>\$ 6.096.970.409</b>

Fuente: Los autores, 2012

4.5.7. Indicadores de rentabilidad del inversionista. A continuación, en la tabla 48 se presentan los indicadores de rentabilidad para el inversionista.

Tabla 48. Indicadores de rentabilidad del inversionista

<b>INDICADORES DE RENTABILIDAD DEL INVERSIONISTA</b>	
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	380,42%
TASA VERDADERA DE RETORNO (TVR)	122,17%
VALOR PRESENTE NETO (26,5%)	\$ 5.829.536.763,56

Fuente: Los autores, 2012

4.5.8. Análisis y conclusiones de la evaluación financiera. Como puede observarse tras el análisis de los diferentes indicadores presentados anteriormente el laboratorio de plásticos es auto-sostenible por las siguientes razones:

- La tasa interna de retorno es superior a la tasa de ahorro en cualquier banco por lo que el proyecto es viable teniendo en cuenta que la tasa de oportunidad de una corporación universitaria sin ánimo de lucro debe estar ligada al mayor valor generado en un portafolio de ahorro del sector financiero para los casos del flujo de fondos del proyecto e inversionista.
- La tasa verdadera de retorno fortalece la idea de que el proyecto es factible, atractivo y rentable, debido a que también tiene un valor positivo en ambos casos.
- El valor presente neto es mayor que 0 por lo que este proyecto crea valor en el tiempo.

Con el presupuesto asignado por la decanatura y teniendo en cuenta los costos y gastos para el montaje del laboratorio, se evidencia que la evaluación financiera del proyecto es positiva desde todos los aspectos, sin siquiera tener en cuenta la posibilidad de generar ingresos reales por ventas de los productos fabricados, el alquiler del mismo o el valor agregado y buen nombre que este tipo de instalaciones le dejan al plantel educativo, ítems que son difíciles de cuantificar pero que en mediano y largo plazo generarían recursos importantes que son positivos para el plantel.

#### 4.6 PLAN DE TRABAJO.

En este acápite se presenta el plan de trabajo (Ver Tabla 49) a seguir para la implementación del laboratorio de plásticos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre.

Tabla 49. Plan de trabajo del laboratorio

<b>OBJETIVO</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RECURSOS</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<b>PLAZO Corto/Mediano/Largo</b>
Presentar el proyecto ante las directivas interesadas	Preparar la presentación	Proyecto de investigación	Investigadores	Presentación completa	Corto
	Realizar la presentación	Video beam, sala de conferencias	Decano de Ingeniería	Intención real de las directivas por invertir en el laboratorio	Corto
Adecuar el laboratorio para su correcto funcionamiento	Compra de equipos	Cotizaciones	Directivas	Equipos necesarios para el laboratorio	Mediano
	Adecuación de las instalaciones	Recursos financieros, personal capacitado	Directivas	Instalaciones listas	Mediano
	Contratar el personal necesario	Recursos financieros	Directivas	Personal necesario	Mediano
	Adecuación de las instalaciones eléctricas	Recursos financieros, personal capacitado	Directivas	Instalaciones eléctricas listas	Mediano
	Puesta en funcionamiento	Recursos financieros	Directivas	Laboratorio adecuado para su funcionamiento	Mediano
Programar las prácticas	Seleccionar docentes responsables	Lista de docentes, perfil de selección	Director del programa	Docentes asignados	Corto
	Realizar un cronograma de prácticas por semestre	# estudiantes por semestre,	Director del programa	Cronograma de prácticas	Corto

<b>OBJETIVO</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RECURSOS</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<b>PLAZO Corto/Mediano/ Largo</b>
		preferencias de los estudiantes			
Administrar el laboratorio	Llevar la contabilidad del laboratorio	Contador	Decano Facultad Ingeniería	Balance general y estado de resultados	Mediano/Largo
	Pagar los salarios e impuestos	Contador, administrador	Decano Facultad Ingeniería	Impuestos y salarios pagos	Mediano/Largo
	Hacer el mantenimiento de los equipos	Operario de mantenimiento	Decano Facultad Ingeniería	Equipos en buen estado	Mediano/Largo

Fuente: Los autores, 2012

## 5. SIMULACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO EN PROMODEL

El proceso de simulación se desarrolla en Promodel con el fin de sustentar virtualmente la implementación del laboratorio de transformación de plásticos en el cual se realizan los procesos descritos con anterioridad, teniendo en cuenta la distribución en planta, maquinas, equipos y materias primas, corriendo los procesos de la línea de producción en cualesquiera que sean las condiciones impuestas por el usuario. En este orden de ideas esta simulación puede ser usada como una guía de formación y experimentación en la cual se pueden modificar los datos estimados en la misma para evaluar el comportamiento del laboratorio en el tiempo.

Ver Archivo en medio magnético: *Laboratorio de Plásticos Uni.Libre*. En la siguiente Ruta:

*E: Diseño de un Proceso Productivo Integral para el Reciclaje de Plásticos en el Laboratorio de Producción de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Libre / Simulación / Laboratorio de Plásticos Uni.Libre.*

Para abrir el archivo: Instalar Promodel versión estudiante adjunto en el medio magnético; cuando el software esté instalado se debe copiar el archivo PROMOD.GLB en la siguiente ruta:

*Local disck c:/Archivos de Programa/Promodel/Glib.*

Esto con el fin de visualizar las imágenes del Modelo y correrlo sin ningún contratiempo.

A continuación se presenta una visualización de la simulación realizada al proceso productivo en el laboratorio de Plástico



## 5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, CONSTRUCCIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LA SIMULACIÓN

5.1.1 Descripción del proceso. Para que la simulación sea más fácil en su comprensión, a continuación se explica de forma general el desarrollo del proceso en la simulación y luego se presentan de manera un poco más detallada los subprocesos de extrusión, inyección y recuperación de residuos:

Inicia en el almacén de materia prima, a donde llegan los pellets del material elegido para realizar el producto, estos son transportados a la extrusora y la inyectora para ser transformados en productos intermedios, terminados y reutilizables. (Ver tabla 50).

Tabla 50. Descripción general del proceso

ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	<p><b>EXTRUSIÓN:</b> Salen del almacén de materia prima 5kg por vez del material para extruir rollo monocapa x 1kg, el 35% de la producción se destina para almacenamiento intermedio, otro 35% para realizar termosellado de elementos y el 30% restante para reutilización en la aglutinadora.</p>	<p><b>TERMOSELLADO:</b> Se monta el rollo de 1kg de película en la termoselladora para realizar empaques mediante el proceso manual; el 100% de la producción se destina al almacén de productos terminados.</p>	CONTROL DE CALIDAD	<p>Se estima que el 2% de los productos provenientes de la extrusión no cumplirá con los requerimientos del cliente y serán enviados al proceso de aglutinado para su reutilización, mientras que el 98% restante será enviado al almacén de producto terminado para su distribución.</p>	<p><b>AGLUTINADO:</b> La película se transforma en pedazos de plástico de 1 x 1 cm de fácil manejo para la peletización.</p>	ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	REPETICIÓN DEL PROCESO
	<p><b>INYECCIÓN:</b> Salen del almacén de materia prima 10kg de material para la inyectar piezas de 20 gr por vez. El 70% de la producción va para el almacén de productos intermedios para su posterior control de calidad y el 30% restante va al molino para su reutilización.</p>	<p>Se estima que el 2% de los productos provenientes de la inyección no cumplirá con los requerimientos del cliente y serán enviados al proceso de molienda para su reutilización, mientras que el 98% restante será enviado al almacén de producto terminado para su distribución.</p>		<p><b>PELETIZADO:</b> Se extrulle el material reutilizado para fabricar pellets de 5mm de diametro. Esta es la materia prima de todos los procesos.</p>	<p><b>MOLIENDA:</b> Las piezas inyectadas se transforman en pedazos de 1 x 1 cm de fácil manejo para la peletización.</p>		

Fuente: Los autores, 2013

- Elaboración de empaque de alimentos: La producción del subproceso de extrusión (rollo de película mono capa), (Ver Tabla 50, extrusión), puede

tener 3 destinos; el primero es el almacén de productos intermedios al cual llegan los rollos de película que teóricamente se pueden vender de esta forma a los usuarios finales, pero antes de depositarlos en el almacén de productos terminados deben someterse de manera aleatoria a la revisión y cumplimiento de requerimientos en el área de control de calidad; el segundo destino es el subproceso de termo sellado en el cual se monta el rollo de película extruida en la maquina termo selladora para realizar empaque de alimentos, los cuales se dirigen hacia el almacén de productos intermedios para su posterior revisión de calidad y paso al almacén de producto terminado, y el tercer destino es hacia el proceso de aglutinado en el cual se recupera la película flexible en trozos de plástico pets de 1x1 cm.

- Elaboración de piezas inyectadas: La producción del proceso de inyección (llavero plástico), (Ver Tabla 50, inyección), tiene 2 destinos; el primero el almacén de los productos intermedios para su posterior revisión de calidad y aprobación para luego devolverse al almacén de productos intermedios, y el segundo, es hacia el molino en el cual se recupera el material en forma de pets de 1x1 cm.
- Subproceso de recuperación de residuos: Los pets que provienen de los procesos de aglutinado y molienda son llevados hacia la máquina peletizadora en donde son transformados en pellets de 5 mm de diámetro, los cuales son llevados al almacén de materia prima para empezar de nuevo el proceso productivo.

5.1.2 Construcción de la simulación. Seguidamente se especifican los datos de entrada.

Datos de entrada: Los datos de entrada para la construcción de la simulación provienen de un resumen de las fichas técnicas de las máquinas, que se puede

ver en la Tabla 51, y la distribución en planta se obtiene calculando la producción máxima por máquina, teniendo en cuenta los productos a fabricar en el laboratorio, especificados en la Tabla 52.

Tabla 51. Resumen fichas técnicas máquinas y equipos

MÁQUINA	MODELO	CAPACIDAD (Kg/h)	POTENCIA ( Kw)	DIMENSIONES mt <sup>3</sup> (l.a.h)	PESO (Ton)	ALIMENTACIÓN
Peletizadora	SJ-20	40	3	3x1x1.8	0.2	220W 50/60Hz
Inyectora	JND 1380	23	5	3.3x1.3x1.46	2.2	220W 50/60Hz
Extrusora	MP-35/30	30	3.75	1,3x0.5x1.5	0.6	220W 50/60Hz
Aglutinadora	gr-30	30	15	1.3x0.6x1.3	1	220W 50/60Hz
Molino	vmpc 2660	40	5	1x1.1x1.4	1.2	220W 50/60Hz
<b>Equipo complementario</b>						
EQUIPO	MODELO	CAPACIDAD	POTENCIA (Kw)	DIMENSIONES mts <sup>3</sup> (l.a.h)	PESO (Ton)	ALIMENTACIÓN
Chiller	PL-5	12900 Cal/h	0.75	1.1X0.68X1.1	0.160	220W 50/60Hz
Termoselladora	Resinet	400 ciclos /h	0.680	0.7x0.6X1.5	0.02	220W 50/60Hz

Fuente: Autores, 2013

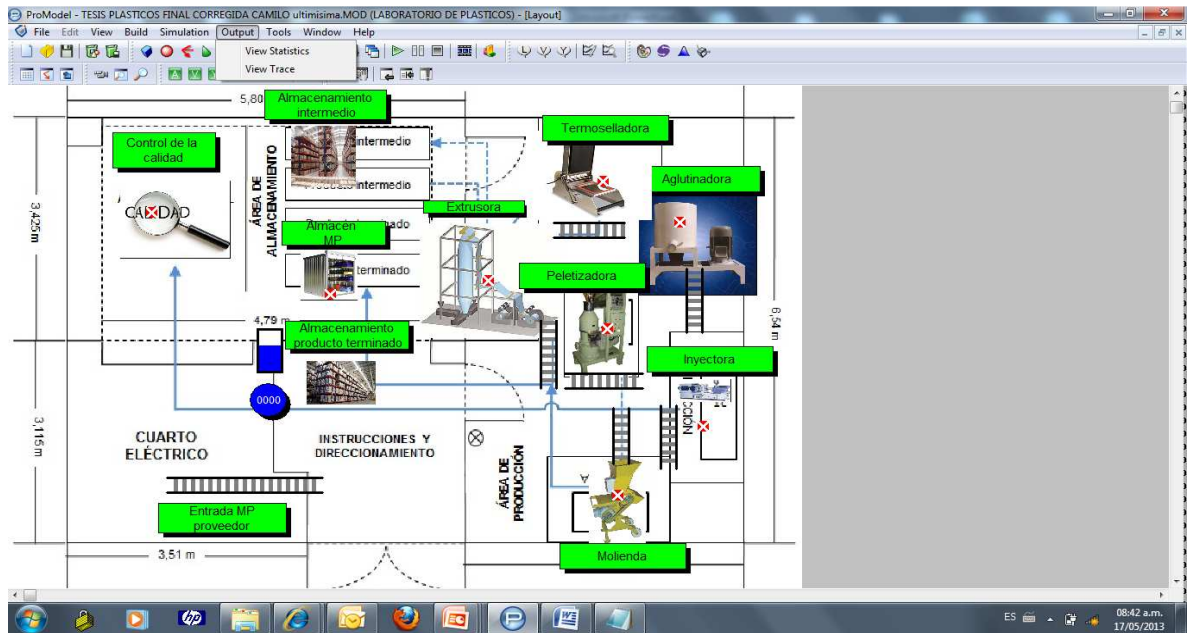
Tabla 52. Descripción de producto terminado

SUBPROCESO	DESCRIPCIÓN PRODUCTO	TIEMPO POR PIEZA (minutos)
INYECCIÓN	Llavero plástico 20 Gr	0,25 min. por molde de 5 piezas
EXTRUSIÓN	Película monocapa 30 cm de ancho y espesor 0.015 mm para empaque en rollos 1 Kg	2 min. por rollo
TERMOSELLADO	Empaque de alimentos	0,16 min. por empaque de máx. 25 gr de plástico

Fuente: Autores, 2013

5.1.3 Documentación de la simulación. Inmediatamente se enseña la construcción general de la simulación con una vista de la planta, con sus respectivas locaciones, a partir del recorrido del proceso y la distribución en el plano, como puede ser visto en la Figura 6.

Figura 6. Vista general del laboratorio en la simulación



Fuente: Autores, 2013

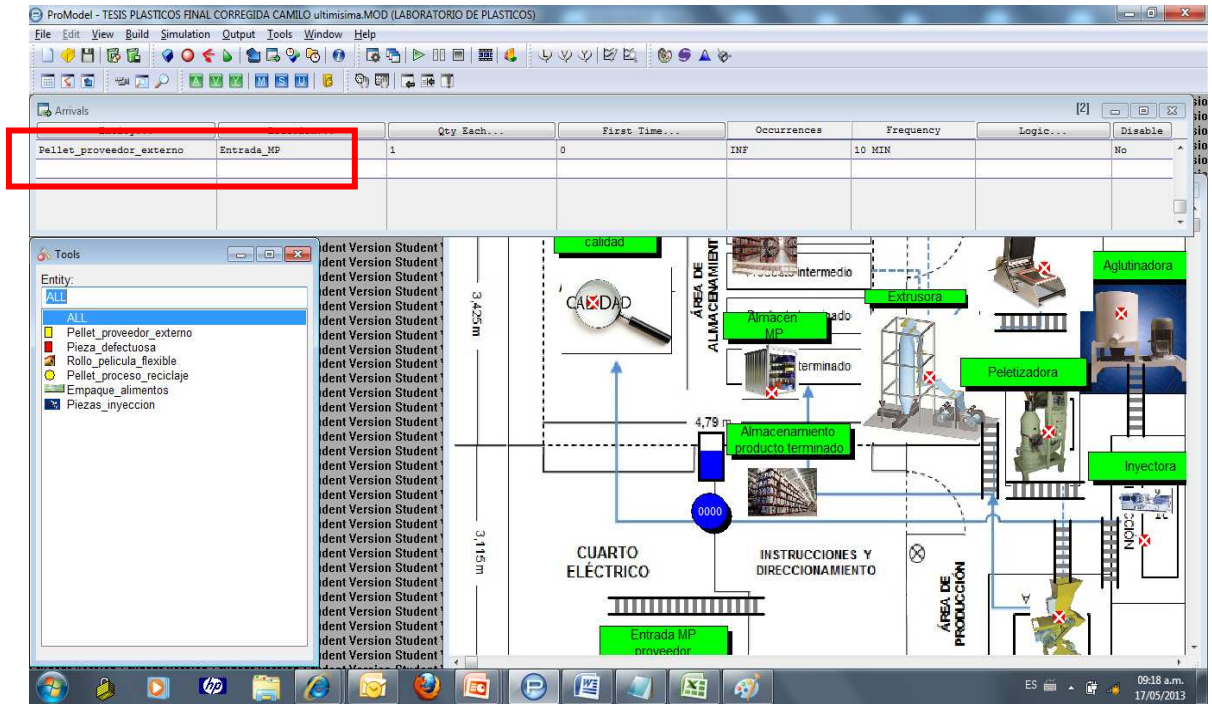
Llegadas: Se construye la llegada de materia prima (pellet de proveedor externo) a la planta; con esto se alimenta la bodega de materia prima con los materiales que se presentan en la Tabla 53; en la figura 7 se muestra esta operación de llegada.

Tabla 53. Materia prima disponible en almacén

ALMACEN DE MATERIA PRIMA	
SALIDA	COLA
PELLET PEBD, PEAD,PP	INYECTORA
PELLET PEBD, PEAD,PP, PELM	EXTRUSORA

Fuente: Autores, 2013

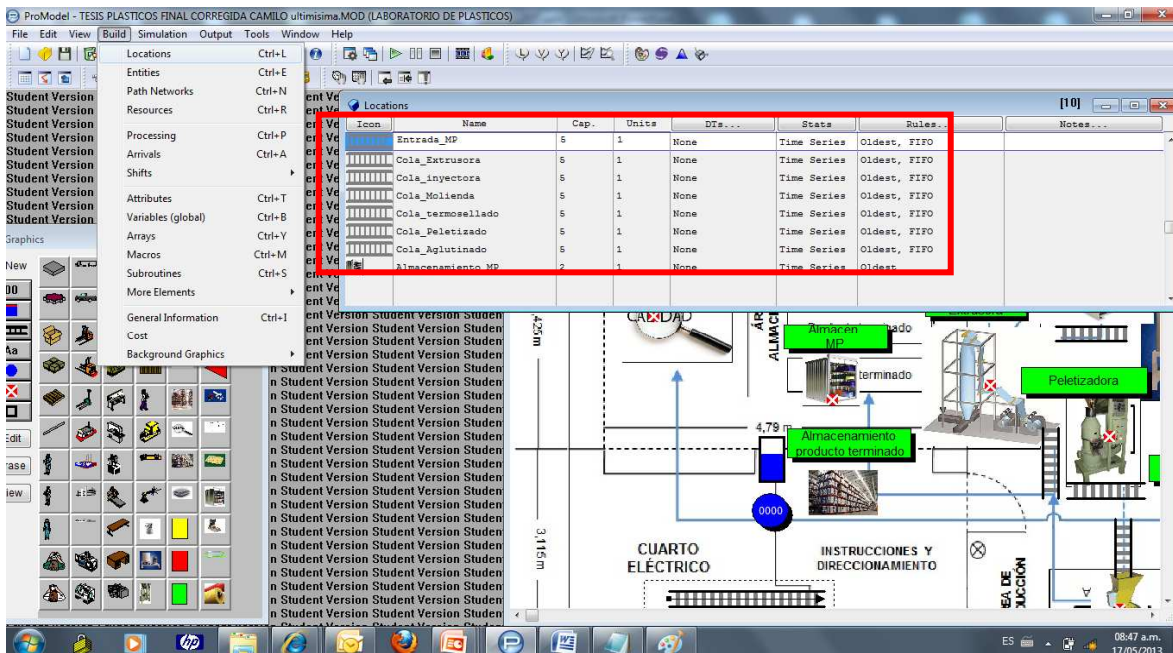
Figura 7. Vista general del laboratorio en la simulación



Fuente: Autores, 2013

Locaciones: Construcción de cada una de las locaciones de la planta en donde se desarrollan los procesos y las colas a donde llegan cada uno de los materiales, productos en proceso, y terminados. En la Figura 8 se evidencia esta operación.

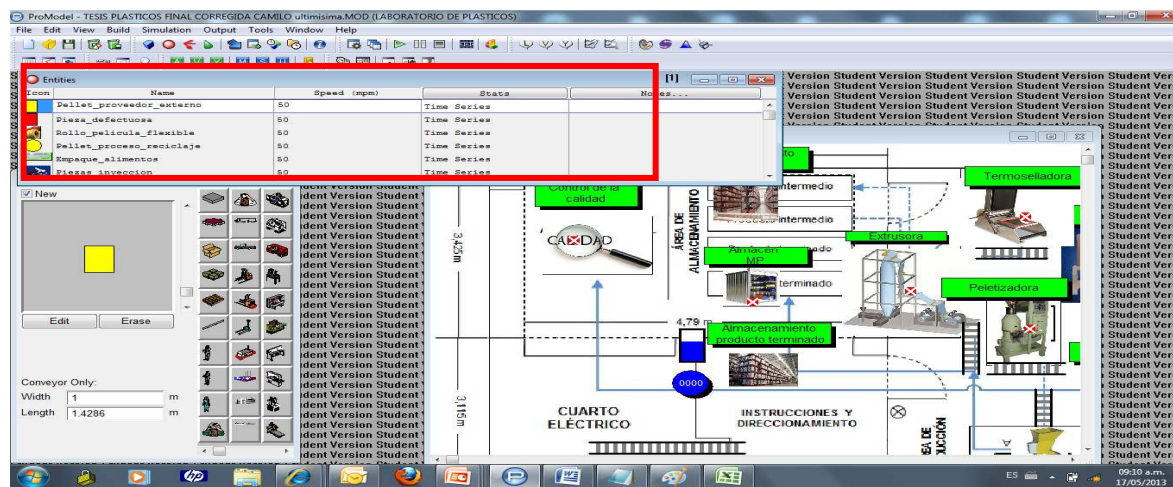
Figura 8. Construcción de locaciones en simulación



Fuente: Autores, 2013

Entidades: Se construyen los productos que se mueven dentro de la simulación, materia prima, productos en proceso y productos terminados, como se ve en la Figura 9.

Figura 9. Construcción de entidades en la simulación

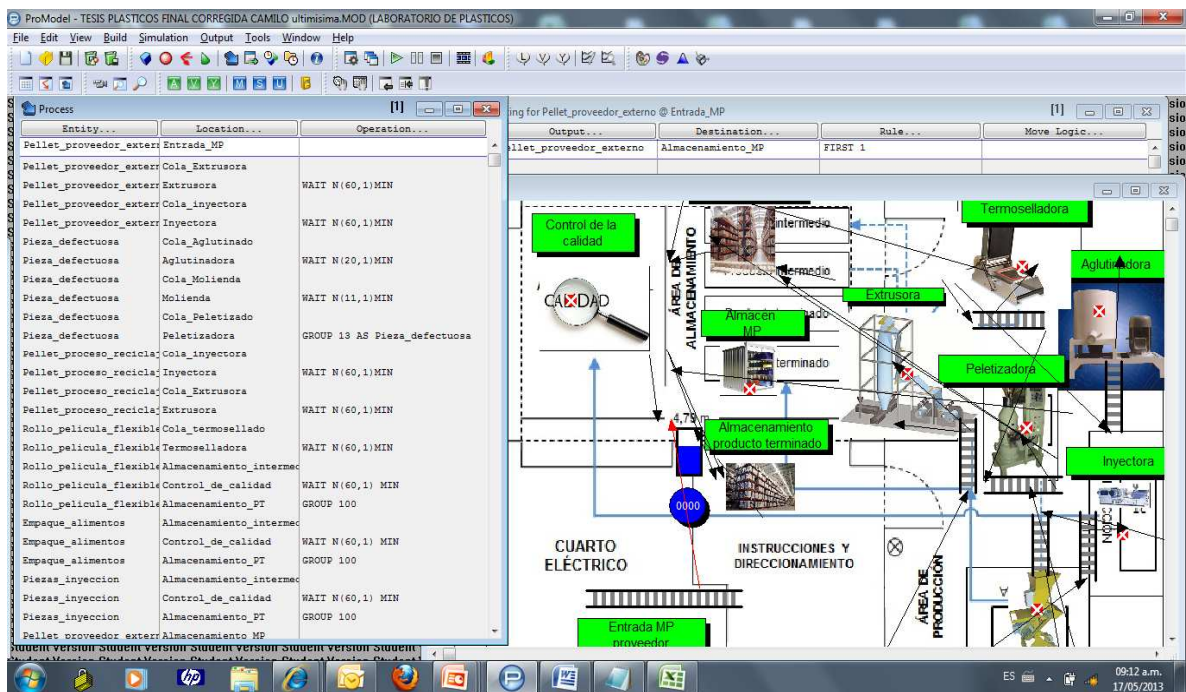


Fuente: Autores, 2013



Proceso: Construcción y desarrollo del proceso productivo, llegadas, salidas y tiempos de procesos en cada una de las locaciones, teniendo en cuenta los tiempos y los datos de entrada de la simulación y las fichas técnicas de las máquinas. En la figura 10 se presenta la construcción del proceso.

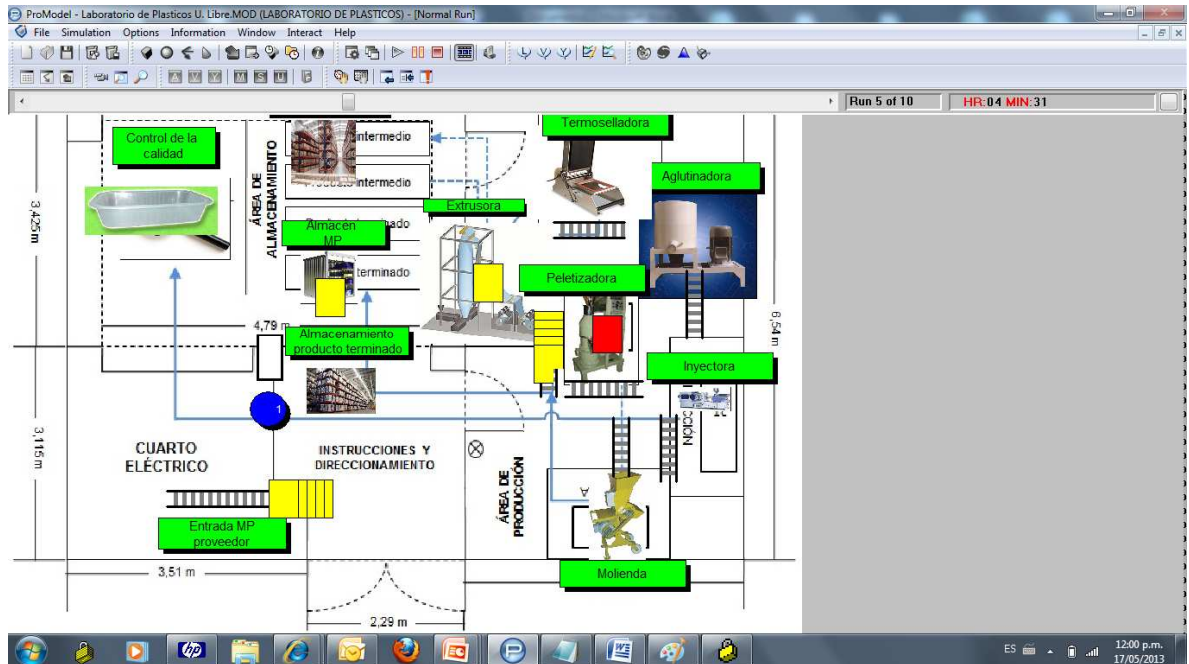
Figura 10. Construcción del proceso en la simulación



Fuente: Autores, 2013

Simulación: Para hacer el análisis de la simulación se corre el proceso en una serie de tiempo de 8 horas durante 10 días, con el fin de saber cuál sería el comportamiento del laboratorio, funcionando como una planta de producción. Es clave hacer referencia a que en la práctica estos tiempos pueden variar según la instrucción del líder de la actividad, entonces, esta información es netamente con fines académicos y como base para construir futuras simulaciones o distribuciones de planta que aumenten la efectividad del proceso. En la Figura 11 puede verse como corre la simulación.

Figura 11. Simulación en marcha



Fuente: Autores, 2013

Reporte: El reporte generado arroja los datos más relevantes acerca del comportamiento del proceso productivo en el tiempo y a partir de estos, se pueden tomar decisiones con respecto al mismo. El reporte se divide en diferentes pestañas, que muestran el comportamiento de las locaciones, las entidades y colas, con información de fácil manejo estadístico.

Reporte de locaciones: El reporte de las locaciones permite ver los plazos previstos de trabajo, la capacidad, las entradas de entidades, el tiempo promedio de trabajo por entidad en el turno, el promedio de entidades que se quedaron en la cola, el máximo de unidades en cada cola, el número de entidades que quedaron al finalizar la simulación, y el porcentaje de utilización de cada locación, respectivamente. En la Figura 12 se visualiza este tipo de reporte.



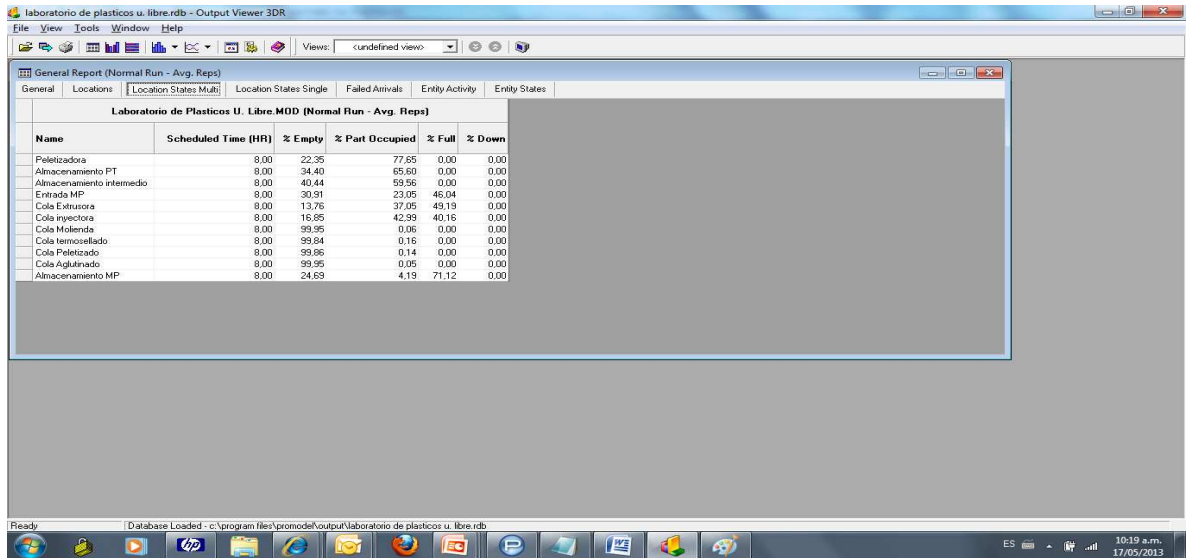
Figura 12. Reporte de locaciones

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	Utilization
Agutinadora	8,00	1,00	1,60	18,02	0,07	0,90	0,00	6,73
Molendra	8,00	1,00	1,90	9,59	0,04	0,90	0,00	4,26
Inyeectora	8,00	1,00	7,50	57,22	0,89	1,00	0,90	89,93
Extrusora	8,00	1,00	7,80	57,34	0,33	1,00	0,90	92,79
Temposelladora	8,00	1,00	3,00	52,57	0,33	1,00	0,60	33,47
Pelelizadora	8,00	13,00	3,50	242,95	1,76	3,50	3,50	13,57
Almacenamiento PT	8,00	100,00	5,40	179,71	2,06	5,40	5,40	2,06
Control de calidad	8,00	1,00	6,30	58,42	0,77	1,00	0,90	76,67
Almacenamiento intermedio	8,00	20,00	9,40	64,48	1,33	3,90	3,10	6,64
Entrada MP	8,00	5,00	29,40	49,68	2,94	5,00	4,80	16,31
Cola Extrusora	8,00	5,00	11,60	128,82	3,35	4,40	3,80	40,37
Cola inyectora	8,00	5,00	11,00	118,89	3,05	4,50	3,50	39,62
Cola Molendra	8,00	5,00	1,90	0,12	0,00	0,90	0,00	0,01
Cola temposellado	8,00	5,00	3,00	0,17	0,00	1,00	0,00	0,14
Cola Pelelizado	8,00	5,00	3,50	0,19	0,00	1,00	0,00	0,02
Cola Aglutinado	8,00	5,00	1,60	0,15	0,00	0,90	0,00	0,01
Almacenamiento MP	8,00	2,00	24,60	29,75	1,46	2,00	2,00	73,22

Fuente: Autores, 2013

Reporte de locaciones múltiples: En esta categoría se visualiza el tiempo de uso de las locaciones, el porcentaje de desocupación, de ocupación y el porcentaje de llenado por locación. En la siguiente Figura 13 se visualiza este reporte.

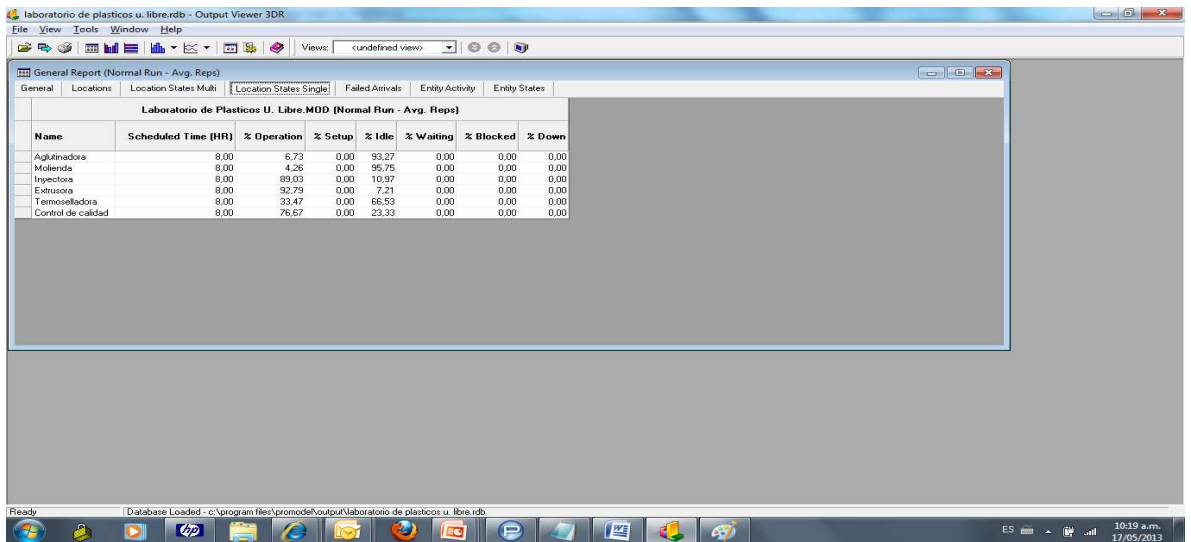
Figura 13. Reporte de locaciones múltiples



Fuente: Autores, 2013

Reporte de locaciones singulares: El reporte de locaciones singular deja ver el porcentaje de operación de las locaciones y el porcentaje de inactividad de las mismas, como se ve en la Figura14.

Figura 14. Reporte de locaciones singulares.



Fuente: Autores, 2013

Reporte de actividad de entidades: En este reporte se evidencia la cantidad por unidad de producto que permanece en el sistema al final de la simulación. Ver Figura 15.

Figura 15. Reporte de actividad de entidades.

Laboratorio de Plásticos U. Libre.MOD (Normal Run - Avg. Repts)							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Pellet proveedor externo	0,00	15,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pieza defectuosa	0,00	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rollo película flexible	0,00	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pellet proceso reciclaje	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Enpaque alimentos	0,00	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Piezas inyeccion	0,00	4,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Autores, 2013

Datos arrojados por la simulación: Con un porcentaje de utilización del 92%, la extrusora se puede convertir en un cuello de botella teniendo en cuenta la cantidad de entidades (producto) que entraron al proceso. Las máquinas más subutilizadas son el molino de gruesos y la aglutinadora con 6% y 4% de manejo, respectivamente; esto puede deberse a que la capacidad de producción es muy alta para el tipo de proceso y de producto que se está fabricando con estas máquinas. Dirigirse a la Figura 12.

Otra información de interés es que las colas de molienda, aglutinado, peletizado y termo sellado tienen un porcentaje de participación en ocupación muy bajo como se ve en la Figura 13; esto puede indicar que no llegan muchas entidades a la máquina, mostrando inactividad por periodos, ver Figura 14.

## **6. REALIZAR INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO AL PLAN DE ESTUDIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

En vista que en el Diagnóstico de la situación del estado actual del laboratorio de producción se pudo detectar que existe una gran debilidad en el plano académico por el escaso desarrollo de prácticas de laboratorio, que creen en el estudiante las competencias que le permitan desempeñarse de manera adecuada en la industria y que la Facultad de Ingeniería es concedora de esta situación<sup>43</sup> (Ver Anexo J), se plantea la necesidad de darle una mayor participación al Laboratorio de Plásticos en la malla curricular del Programa de Ingeniería Industrial, buscando crear una integralidad y complementariedad mucho más reforzada de las asignaturas que forman la Ingeniería Aplicada.

Con el proceso productivo planteado en este proyecto se busca que distintas disciplinas encuentren un punto de unificación, en el que los estudiantes alcancen un grado de formación que les permita desarrollar un perfil enfocado hacia la producción y optimización.

Adicionalmente, este espacio interdisciplinario se extiende inicialmente, hasta la inclusión de ciertas disciplinas de Ingeniería Mecánica y Ambiental, logrando de esta manera la colaboración y contribución entre distintos programas en materia pedagógica e investigativa.

Para demostrar que este proceso tiene la capacidad de conseguir lo anteriormente expuesto, se presenta una matriz de relación (Ver tabla 54) donde se tuvieron en cuenta las asignaturas de la Ingeniería Aplicada, para los tres programas, que son sensibles de desarrollar clases prácticas con un eje temático como guía de

---

<sup>43</sup> Entrevista realizada al Ing. René Silva, Decano Facultad de Ingeniería Universidad Libre, Bogotá, 05 de marzo de 2012.

navegación y unas situaciones problemas tendientes a ser solucionadas, que pretenden fomentar en el estudiante ciertas habilidades.

Con el objetivo de contribuir en el aprovechamiento del proceso se plantea por cada asignatura un tipo de práctica que cuenta con el apoyo de unas sugerencias para su desarrollo, cuyo sustento es un conjunto de partes que integran el proceso de manufactura de plásticos y la forma en que contribuyen al perfil del Profesional en Ingeniería.

Tabla 54. Matriz de integración del laboratorio a la malla curricular

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
INDUSTRIAL	PROCESOS INDUSTRIALES	Lograr los conocimientos básicos que le permitan al ingeniero industrial comprender, dirigir e implementar procesos de manufactura dentro de un marco de desarrollo sostenible. y de optimización de recursos que le permitan familiarizarse con las materias primas, diagramas, equipos, balances de materia y energía, parámetros de proceso, terminología y tecnología empleada en los mismos.	Industria del Plástico	Laboratorio de Inyección y Extrusión de plásticos	Proceso de transformación de plástico a través de la extrusión. Proceso de transformación de plástico a través de la inyección.	Ver Figura 2. Diagrama de flujo subproceso elaboración de empaque para alimentos con extrusión y termosellado y Figura 3. Diagrama de flujo subproceso elaboración de piezas plásticas con inyección	Comprensión, implementación y dirección de procesos de transformación, elaboración y ensamble en cualquier tipo de industria, incrementando su efectividad.

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
	MÉTODOS	Hacer que el estudiante desarrolle habilidades y destrezas para el análisis, mejora, medida y normalización del trabajo como fundamento esencial para hacer las cosas bien.	Estudio de tiempos por cronómetro	Realización del estudio	Estudio de tiempos por cronómetro por máquina en el laboratorio de plásticos	Ver tabla 26 Diagrama de actividades del proceso de extrusión y tabla 27 Diagrama de actividades del proceso de inyección.	Solución de problemas en las empresas u organizaciones Desarrollo de métodos que garanticen que las cosas se hagan bien. Estimación de la cantidad de trabajo implícito en una tarea.
			Tiempos sintéticos	Trabajo con máquinas	Elaboración de diagrama de proceso de laboratorio de plásticos	Ver Figura 2. Diagrama de flujo subproceso elaboración de empaque para alimentos con extrusión y termosellado y Figura 3.	

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
						Diagrama de flujo subproceso elaboración de piezas plásticas con inyección	
	INVESTIGACIÓN OPERATIVA	Establecer las bases para que el estudiante pueda implementar, modelos estocásticos para la toma de decisiones a cualquier nivel dentro de las organizaciones	Planeación, programación y control	Medición de resultados, eficiencia y/o efectividad de cualquier sistema	Modelo determinístico de un proceso productivo de plásticos	Ver fichas técnicas máquinas y equipos de laboratorio	Toma de las mejores decisiones que buscan el alcance de los objetivos planteados, a través del análisis del sistema, identificación de las variables que inciden en su comportamiento, y con el planteamiento y solución de modelos matemáticos que lo



MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
							mejoren.
	PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN	Lograr los conocimientos básicos que le permitan al Ingeniero Industrial comprender, dirigir e implementar procesos de planeación de la producción e igualmente la apropiación y desarrollo de competencias en referencia a los	Programación de la producción	Programación en sistema Job Shop	Planeación y elaboración de piezas inyectadas adaptadas por pedidos especiales	Ver Figura 3. Diagrama de flujo subproceso elaboración de piezas plásticas con inyección	Utilización de modelos que permitan la planeación de la producción y la definición de los requerimientos de materia prima y mano de obra.

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
		conceptos de la gestión, programación de las operaciones y la producción en general; como de la administración y generación de modelos para la eficacia de los procesos productivos y la aplicación de las competencias adquiridas en métodos, tiempos y costos.					
	MODELOS MATEMÁTICOS DE PRODUCCIÓN	Manejar los modelos matemáticos como herramienta fundamental en la toma de decisiones	Planeación, programación y control	Simulación	Formular y solucionar problemas reales mediante la simulación de un proceso	Ver simulación del proceso productivo en promodel.	Generación de modelos matemáticos aplicados a las organizaciones o sistemas hombre-máquina, que permitan obtener

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
					productivo de plásticos y aplicarlo en el laboratorio.		soluciones adecuadas que garanticen el mejor resultado económico y la óptima utilización de los recursos.
	CONTROL DE PRODUCCIÓN	Lograr la apropiación de referentes conceptuales, con la gestión y programación de las operaciones, así como la producción en general.	Programación de la producción "Flow Shop"	Bases de programación	Proceso de transformación de plástico a través de la extrusión. Proceso de transformación de plástico a través de la inyección.	Se construirá conjuntamente con el docente las competencias de responsabilidad, autonomía y trabajo tanto individual como en grupo, igualmente la apropiación de referentes	Diagnóstico del proceso de producción de una empresa. Diseño de Modelos de control de la producción. Definición de requerimientos de material y mano de obra. Implementación o mejoramiento de los procesos. Diseño, ejecución y

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
						conceptuales con la gestión, programación de las operaciones y la producción en general.	control de los modelos de producción.
INDUSTRIAL	GESTIÓN DE CALIDAD	Formar ingenieros con capacidad para diagnosticar, documentar e implementar sistemas de gestión de calidad, buscando la solución a	Aseguramiento de la calidad y control total de la calidad	Medición del desempeño de los subprocesos de transformación y conversión de plástico	Diseño de un Sistema de Gestión de Calidad	Participar de la ejecución de un proceso de transformación y verificar la simulación en promodel para	Conocimiento detallado de todos los actores del proceso y un riguroso control y medición de los distintos procedimientos que,

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
		problemas relacionados con las organizaciones y sus procesos, mejorando continuamente la operación dentro de la empresa. Tomado del Contenido programático de la asignatura Gestión de Calidad, Versión 2008, pág. 3	Elaboración de la documentación de un Sistema de Gestión de Calidad	Elaboración de procedimientos escritos y de instructivos y registros del proceso de manufactura del plástico		desarrollar un sgc	conduzcan a garantizar la calidad de los productos resultantes; todo esto como parte introductoria al Diseño de un Sistema de Gestión de Calidad.
			Planificación del Sistema de Gestión de Calidad	Caracterización de los subprocesos que se desarrollan en la manufactura del plástico			
				Medición, análisis y mejora de productos plásticos y proceso	Pruebas de calidad de producto	Pruebas de control de calidad en materia prima, fabricación y producto	

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
						terminado.	
	GESTIÓN DE TECNOLOGÍA	Dar a conocer los conceptos generales relacionados con la Tecnología en general y con las tecnologías de información en particular establecer las características de su gestión desde las organizaciones, reconociendo las tecnologías de punta y estableciendo un acercamiento a las tendencias específicas en el desarrollo	Descripción y análisis de nuevas tecnologías	Identificación y análisis de nuevos materiales	Inyección, extrusión de nuevos polímeros plásticos.	Desarrollo de práctica con nuevos materiales	Espíritu crítico, creativo y proactivo para el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías en los procesos industriales actuales y nuevos, enfocados a la creación y desarrollo de empresa.

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
		científico y tecnológico.					
	DISEÑO DE PLANTAS	Conocer y analizar los aspectos que afectan la ubicación física de los elementos productivos para poder plantear un mejoramiento en los procesos productivos.	Herramientas preliminares	Ejercicios de dibujo y levantamiento de planos	Análisis de caso en laboratorio de plásticos	Levantamiento de planos del laboratorio de plásticos	Aplicación, deducción y desarrollo de los fundamentos administrativos de la distribución en planta.
			Análisis de factores que afectan la distribución en planta	Investigación en empresa de manufactura	Análisis de distribución en planta en laboratorio de plásticos	Ver figura 4 Diagrama de distribución de la planta	

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
	SEGURIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL	Formar profesionales con capacidad de identificar, evaluar y controlar aquellos factores de riesgo ocupacional que deterioran la salud de la población trabajadora en los ambientes laborales.	Problemática ambiental	Diagnóstico y estudio de impacto ambiental	Definir y evaluar el impacto ambiental que puede tener la manufactura de distintos tipos de plásticos.	Plan de manejo de residuos sólidos y líquidos en el laboratorio	Aplicación y desarrollo de los fundamentos teóricos, que le permitan hacer una identificación de los riesgos tanto ambientales como laborales, buscando diseñar planes de intervención y prevención que reduzcan o anulen el impacto de estos.
		Así como aquellas responsabilidades socio ambientales que le atañen a las empresas que desarrollan procesos y actividades industriales con incidencias al medio ambiente.					



MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
	CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD	Impartir al estudiante los conocimientos y herramientas básicas del control integral de la calidad de los productos y servicios, propendiendo por un mejoramiento continuo que le permita una mayor competitividad en las empresas.	Planes de muestreo de aceptación	Análisis de las curvas características de operación. Planes de muestreo sencillo, dobles y múltiples. Criterios para la selección de planes de muestreo.	Aplicación de planes de muestreo en la elaboración de productos terminados plásticos a través de la Inyección y la Extrusión	Ver fichas técnicas máquinas y equipos de laboratorio	Identificación, selección y aplicación de las herramientas estadísticas adecuadas para el análisis y solución de problemas de Control de la Calidad
MECÁNICA	MÁQUINAS HIDRÁULICAS	Impartir las bases del análisis, dimensionado y selección de bombas y ventiladores y de las instalaciones de transporte de fluidos.	Turbomáquinas hidráulicas	Reconocimiento y clasificación de los diferentes tipos de máquinas hidráulicas	Identificación de componentes hidráulicos en las máquinas del laboratorio de plásticos.	Ver fichas técnicas máquinas y equipos de laboratorio	Reconocimiento de manera práctica de los diferentes componentes y funcionamiento de las aplicaciones hidráulicas en la industria.

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
	MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS	Brindar al futuro profesional una formación idónea con conocimiento en máquinas y herramientas, sus usos, capacidades y sus desarrollos tecnológicos en las diferentes tipos de industrias.	Tipos de industrias y materiales	Producción y manufactura	Clasificación del sistema productivo y sistemas de apoyo en el laboratorio de plásticos.	Ver Tablas 22, 23, 24 y 25 Caracterización de procesos de inyección, extrusión, termosellado y reciclaje de residuos sólidos	Definición del criterio que ayude en la toma de decisiones, pertinentes a la selección de la maquinaria y herramientas que más se adecúen a las necesidades de producción.
	PROCESO DE CONFORMADO	Estudiar e interpretar los fundamentos de las tecnologías de los diferentes procesos industriales para transformar metales, cerámicos y polímeros, en productos comerciales con formas, dimensiones,	Procesos de conformado para plásticos	Esquema general del proceso extrusión e inyección. Otros métodos: termoformado, compresión, etc	Proceso de transformación de plástico a través de la extrusión. Proceso de transformación de plástico a través de la inyección.	Ver Figura 2. Diagrama de flujo subproceso elaboración de empaque para alimentos con extrusión y termosellado y Figura 3. Diagrama de	Conocimiento de las diferentes alternativas tecnológicas de producción que permitan el diseño, desarrollo y utilización de piezas terminadas.

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
		propiedades y características específicas, para que sean útiles a la humanidad.				flujo subproceso elaboración de piezas plásticas con inyección	
AMBIENTAL	GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	Reconocer conceptos básicos de gestión integral de residuos sólidos con el fin de evitar problemas de salud pública debido al inadecuado manejo y disposición de los residuos sólidos.	Transformación de residuos sólidos	Técnicas de reciclaje	Proceso de reciclaje de residuos plásticos provenientes de la extrusión y la inyección	Ver Figura 2. Diagrama de flujo subproceso elaboración de empaque para alimentos con extrusión y termosellado y Figura 3. Diagrama de flujo subproceso elaboración de	Aplicación y desarrollo de los fundamentos teóricos, que le permitan hacer una identificación de las técnicas que den un adecuado manejo a los residuos sólidos, buscando diseñar propuestas que aporten soluciones a las distintas

MATRIZ DE INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO A MALLA CURRICULAR							Versión 01.2013
PROGRAMA	ASIGNATURA	OBJETIVO GENERAL (Tomado del Contenido Programático)	EJE TEMÁTICO	EJE PROBLÉMICO	TIPO DE PRÁCTICA	SUGERENCIA PARA DESARROLLO DE PRÁCTICA	APORTE PERFIL DEL INGENIERO
						piezas plásticas con inyección	problemáticas que se generan y midan la efectividad de sistema de manejo de residuos.

Fuente: Los autores, 2012, basados en el Contenido Programático de cada asignatura, suministrado por la Decanatura de Ingeniería.

Fecha: 31 de Enero de 2013

Vale la pena mencionar que pueden incluirse en esta integración las asignaturas Diseño de Experimentos, Diseño de Producto y Automatización Industrial, pertenecientes a la Nueva Malla Curricular del Programa de Ingeniería Industrial, el cual se lanzará en el 2013, pero por no disponer del contenido programático de cada una no fue posible plasmarlas en la matriz.

## **7. FORMULAR RECOMENDACIONES QUE PERMITAN DARLE UN ADECUADO MANEJO AL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN EN EL CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO**

### **RECOMENDACIONES A CORTO PLAZO**

- La primera y más importante recomendación es la implementación del proceso productivo integral presentado en este documento, para la dotación y creación del laboratorio de procesos industriales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre, bajo las características de materias primas, procesos, distribución de planta y demás, presentadas.
- Desarrollar en conjunto con la electiva de Seguridad Industrial un programa que garantice el manejo seguro de las máquinas e incluya temas de ergonomía.
- Otra recomendación que surge de la realización de este trabajo, es que en el corto tiempo se diseñen e implementen herramientas pedagógicas que permitan lograr un entusiasmo en los estudiantes por las prácticas industriales realizadas en el laboratorio, para que su frecuencia de uso aumente y de esta manera se logre el objetivo propuesto.

### **RECOMENDACIONES A MEDIANO PLAZO**

- Se espera que en el mediano plazo, se incorpore al proceso productivo temas como el mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas con el fin de garantizar un ciclo de vida largo para muchas generaciones de estudiantes que deseen acercarse a las realidades de los proceso de producción.

- Se debe hacer un seguimiento a la calidad de las prácticas que se desarrollan en este laboratorio, buscando oportunidades de mejora.
- Se recomienda que los residuos plásticos que se depositan en los puntos de reciclaje por parte de la comunidad universitaria, sean empleados también como materia prima, a través de la creación de un proyecto conjunto entre Ingeniería Industrial y Ambiental, que permita darle un adecuado manejo a los materiales sólidos.
- Diseñar y desarrollar plan de capacitación dirigido a los docentes en el manejo de las máquinas y equipos.
- El laboratorio debe convertirse en una herramienta de formación de estudiantes con capacidades en el diseño de procesos productivos integrales que incluyan tanto la rigurosidad ingenieril como la flexibilidad de adaptarse a las recomendaciones ambientales necesarias.

#### RECOMENDACIONES DE LARGO PLAZO

- El laboratorio debe reconocerse frente a otras iniciativas similares por su organización y por sobre todo por el aporte a sus egresados, en cuanto a ser una herramienta de formación práctica en los temas relacionados con la interacción efectiva de las personas en formación con las realidades del sector productivo.
- Crear un plan de promoción del laboratorio que fomente el uso de éste en el desarrollo de proyectos de investigación.
- Realizar celebraciones periódicas de fechas especiales del laboratorio con el fin de generar cariño por parte de la comunidad universitaria.

- Crear un convenio con el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, a través del cual los aprendices de la carrera Técnico de Laboratorios desarrollen sus prácticas empresariales en el laboratorio de plásticos.



## CONCLUSIONES

A pesar que el uso de los laboratorios de producción es casi nulo debido a la falta de conocimiento y participación de los estudiantes, escasas estrategias que despierten interés en la comunidad universitaria, inventario insuficiente y obsoleto, problemas de comunicación entre los interesados, sin definición de un espacio adecuado donde los factores medioambientales no comprometan su conservación; la universidad se encuentra en proceso de mejora, basándose en las exigencias de acreditación en alta calidad, apuntándole a perfeccionar la formación de ingenieros con un perfil mas competitivo e integral y lograr una extensión que preste servicios de consultoría a la industria del plástico.

El proceso definido cumple con las necesidades detectadas, donde se generan productos terminados que cumplen con una secuencia lógica y un mayor nivel de utilización, aprovechando el espacio disponible para adaptar las máquinas y su capacidad y permite la participación de otros programas pertenecientes a la Facultad de Ingeniería, como Ambiental y Mecánica.

También muestra de forma clara y sencilla la realidad de una industria que actualmente se encuentra en expansión en Colombia, como es la del plástico, y busca que el estudiante, a través de un acercamiento práctico y más íntimo mida su grado de desempeño y conocimiento en diversas situaciones dignas de ser simuladas, donde interactúan distintas máquinas y equipos, que a pesar de tener una capacidad de crear productos a manera individual, se unen para crear un sistema productivo integral.

El estudio técnico del proceso productivo planteado permitió caracterizar cada uno de los elementos pertenecientes al proceso tales como materias primas, maquinaria y distribución de planta, a través de esto fue posible determinar cuáles son las variables que se necesitan chequear para realizar las actividades de forma

segura y correcta y son la base para diseñar la simulación del proceso. También este estudio permitió obtener un presupuesto inicial, que demuestra que el proyecto es viable y la inversión se puede recuperar en el menor tiempo posible y sugiere las pautas que deben seguirse para implementar el laboratorio.

Después de simular el proceso productivo, se evidencian cuellos de botella en la inyectora y extrusora, esto se debe a que el tiempo de la operación es menor al de las otras máquinas, aumentando su nivel de utilización. Por otra parte, queda plasmado que las máquinas del subproceso de reciclaje tienen bajos niveles de utilización debido a que sólo se usó el material “recuperado” de los otros subprocesos. Esto demuestra que es de extrema importancia realizar la simulación de manera anticipada a la puesta en marcha, ya que permite desarrollar estrategias enfocadas a mejorar la productividad.

La simulación del proceso productivo definido en este proyecto permite que se visualice de manera didáctica y más aterrizada la distribución en planta que se considera es la más conveniente para el flujo del proceso y los materiales; predice el comportamiento del proceso con este diseño en el transcurso de un tiempo virtual asignado, evitando que se incurra en los costos que implica el montaje anticipado del laboratorio físico; y el tiempo real teniendo en cuenta la velocidad con la que se puede evaluar, acelerando el análisis de posibles fallas, cuellos de botella, niveles de ocupación y porcentajes de operación e inactividad. Con estos datos también se pueden tomar decisiones o diseñar tácticas conducentes a mejorar la productividad, basadas en los materiales, mano de obra, desarrollo de la tarea y en el producto, las cuales beneficiarían significativamente el contenido programático de las distintas asignaturas de ingeniería aplicada.

La matriz de integración es una estrategia que crea un ambiente de cooperación e investigación, donde se requiere de la participación activa de los distintos programas que integran la Facultad de Ingeniería. Esto se logra a través de la

ejecución de prácticas, cuya base son los ejes temáticos de la ingeniería aplicada, buscando así que se desarrollen las competencias que hacen parte del perfil del ingeniero, maximizando el uso del laboratorio. En mencionada matriz se detallan las características de algunas asignaturas que están directamente ligadas al aprendizaje en el laboratorio y se relacionan con los diferentes desarrollos y propuestas presentados a lo largo de las demás secciones.

## BIBLIOGRAFÍA

ACKERMAN, Frank. Why Do We Recycle?: Markets, Values, and Public Policy. Island Press. 1997.

ANGUITA, Ramón, "Extrusión de Plásticos" H. Blume Ediciones, Madrid, 1977.

AMSTEAD, B.H, OSTWALD, Philip, BEEGEMAN, Myron. Procesos De Manufactura Versión SI. Editorial Cecsca, Mexico 2002.

CEBOLLADA, Fernando. Guía Técnica De Seguridad Para El Diseño y Utilización de Maquinas Y Equipos De Trabajo. Editorial CIE Inversiones Editoriales Dossat 2000.

CHIAVENATO Idalberto. Introducción a la teoría general de la administración, Séptima edición, 2006.

CONSEJO NACIONAL DE ACREDITACIÓN (CNA). Lineamientos para la acreditación de programas académicos de pregrado. Bogotá D.C.: 2006,

DANKHE, G.L. Investigación y Comunicación, citado por HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos; BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. México: McGraw Hill, 1997.

ELÉCTRICA SANTIAGO. Desnitrificador SCR para la caldera del ciclo Combinado de central nueva renca. Santiago de Chile. 2009.

ENTREVISTA con Alejandro Puentes Parodi, Jefe de Laboratorios Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, 02 de marzo de 2012.

ENTREVISTA con Marco Aurelio Saavedra, Técnico de Laboratorio Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, 02 de marzo de 2012.

ESCUADERO Acevedo, Mario. Tesis Doctoral: Estudio de la influencia de las ramificaciones en la Degradación de copolímeros de etileno alfa-olefinas Metalocénicos. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ciencia de los Materiales. Universidad de Chile. 2007.

GASTROW, Hans. Modelos de inyección de plásticos. Ed. Barcelona Activa. España 1992.

HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto; Fernández COLLADO, Carlos; BAPTISTA Lucio, Pilar; Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill, México 1997.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 1486. Bogotá: NTC. 2008.

MINISTERIO DEL TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Resolución 2400 de 1979. Título I. Disposiciones Generales. Capítulo II. Obligaciones de los Patronos.

RAMOS DE VALLE, Luis Francisco. Extrusión de Plásticos. Editorial Limusa. México 1993.

SCHEY, John A. Procesos de Manufactura. Mc Graw Hill, México 2002.

UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA. Resumen Proyecto Educativo Institucional. p.2. 2002.

UNIVERSIDAD LIBRE, Libro de Oro. Santafé de Bogotá: 1995. p. 71.

UNIVERSIDAD LIBRE. Proyecto Educativo Institucional Acuerdo No. 010. Bogotá: 2002 p. 9.

UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA, Informe estadístico utilización del laboratorio de Lúdica año 2012, periodo II, 2012 p.3

ZEITHALM, V.A. Consumer Perceptions of Price, Quality and Value: A Means-End Model and Synthesis of Evidence. Journal of Marketing. 1988. p.3.

## INFOGRAFÍA

<http://www.jorplast.com.br/cbipep/cbip1ep.html>

<http://definicion.de/proceso-de-produccion/>

<http://www.unilibre.edu.co/Ingenieria/misionvision.html>

<http://www.unilibre.edu.co/Ingenieria/objetivos.html>

<http://knol.google.com/k/jorge-luis-bre%C3%B1a-or%C3%A9/los-pl%C3%A1sticos-en-el-siglo-xxi/2ydkxmcacifn6/57#>,

[http://puj-](http://puj-portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto_indust_laboratorios_ctai)

[portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto\\_indust\\_laboratorios\\_ctai](portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto_indust_laboratorios_ctai)

[http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes\\_inyeccion/unidad\\_2/maquina.html](http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_2/maquina.html)

[http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734\\_plimeros.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734_plimeros.pdf)

[http://www.ing.unal.edu.co/site/htm/iei/quimica/laboratorios/lab\\_cat\\_ot.html](http://www.ing.unal.edu.co/site/htm/iei/quimica/laboratorios/lab_cat_ot.html)

<http://www.unilibre.edu.co/Ingenieria/ingIndustrial/programa.html>

[portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto\\_indust\\_laboratorios\\_ctai.](portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/dpto_indust_laboratorios_ctai)

<http://www.unicordoba.edu.co/pregrado/industrial/Eceia.pdf>

## **ANEXOS**



## ANEXO A. INVENTARIO DEL LABORATORIO



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

### LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES I PLÁSTICOS Y LABORATORIO DE MÉTODOS

#### LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES I PLÁSTICOS

##### PRENSA DE VOLANTE



##### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Capacidad:	2 a un promedio de 60 TN
Especificaciones del motor:	
Marca:	Siemens
Referencia:	065 – 6YB60
Potencia:	1.2 Hp
Frecuencia:	60 Hz
RPM:	1138
Especificaciones del troquel:	
Dureza:	57 Rc
Material:	acero cold rolled 1020
Dimensiones:	5.7 cm. X 4.5 cm. X 6.0 cm. (alto x ancho x profundidad)
Inventario:	013906



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

EMPACADORA POR MEDIO DE PLÁSTICO TERMOENCIGIBLE



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

**Motor turbina**

Marca: Magnetec Universal Electric  
Monofásico de cuatro (4) velocidades  
Resistencias  
Cantidad: 3  
Voltaje: 1000 W a 110 V corriente alterna

**Pirómetro digital**

Marca: SYSCON REX C-100  
Modelo: C-100FJ A3-M  
Entrada: 100 – 240 V AC 50 – 60 Hz

**Sistema de arrastre**

Motor de Imán  
Marca: Dayton  
Modelo: 4Z538A  
Entrada: 90 V DC 4.2 Amp  
Potencia: 1/30 HP  
Aislamiento: Tipo A

**Control de velocidad**

Motor, marca: Dayton  
Modelo: GA191  
Potencia: 1/35 – 1/8 Hp  
Entrada: 120 V  
2 Ejes elaborados en acero 4140

**Cadena**

Denominación: Hollaw Pin  
Inventario: 013913



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

### INYECTORA DE PLÁSTICO



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Marca:	Arburg
Motor:	3 HP
RPM:	1446
Capacidad:	12 gramos
Entrada:	220 V - 9.2 A
Presión máxima:	150-160
Control de calentamiento máximo:	240 °F 120 °C
Dimensiones:	125 cm. X 70 cm. X 186 cm. (Alto x profundo x ancho)
<b>BOMBAS:</b>	Presión máxima 315 bares
Inventario:	013912



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

#### TROQUELADORA HIDRÁULICA



#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Capacidad:	10 TN
Peso:	288 Kg.
Dimensiones:	64 cm. X 58 cm. X 1.39 m. (largo X ancho X alto)
Bomba	
Marca:	Parker
Capacidad:	0.6125 inch <sup>3</sup> / ciclo
Presión:	4125 psi
Inventario:	013907



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

### TREN DE LAMINACIÓN EN FRÍO



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Motor:	4.8 Hp
Reductor sinfin – corona	
RPM:	15
Torque:	72.2 Kg*m
Inventario:	013908
Rodillo tren de laminación:	
Distancia mínima entre ejes del rodillo:	134mm
Distancia máxima entre ejes del rodillo:	165mm
Diámetro de los rodillos:	66,049
rodillos	
Alto (H):	1.47 m
Largo (L):	0.74m
Ancho(A):	0.43m



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

### RECICLADORA DE PAPEL



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Motor:	
Marca:	
RPM:	3450
Capacidad:	1.35 Hp
Capacidad Hidropulper:	25.000 cm <sup>3</sup>
Dimensiones Cuchillas:	
Presión prensa:	2800 psi
Inventario:	013015



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

### MARMITA



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Motor:	0, 6 HP
RPM:	1845
Potencia:	0,45 kW
Inventario:	013911
Datos placa transmisión de potencia:	
Relación:	10: 42
HP:	0,6
RPM al máximo trabajo:	1750
RPM al mínimo trabajo:	184,01
Lubricación:	tipo SAE 40



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

### MARMITA



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Motor: 0,5 HP  
RPM: 1650  
Potencia: 0,37 KW  
Inventario: N.P.I





UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

#### BANDA TRANSPORTADORA



#### Especificaciones Técnicas.

Entrada de corriente:	110V
Puestos De trabajo:	6
Cantidad:	1
Inventario:	NPI



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

BALANZA ELECTRÓNICA



Especificaciones Técnicas.

Marca:	OHAUS.
Modelo:	FD6H
Serie:	0014883-6JL
Capacidad:	6 kg
Resolución pantalla:	1:30000
Repetibilidad:	0,0004 kg
Linealidad:	±/ - 0,0004 kg
Entrada de corriente:	Adaptador de CA 9 - 12VDC 0,5 – 0,8 <sup>A</sup> Batería recargable de plomo - acido integrada
Temperatura de operación:	-10 a 40 °C
Dimensiones W x H x D:	300 x 223 x 71 mm
Tamaño de la bandeja:	209 x 209 mm
Peso:	3,6 kg
Cantidad:	1
Inventario:	NPI



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

## LABORATORIO DE MÉTODOS

### BIBLIOTECA METÁLICA



Inventario: 009850

### TABLAS PLANILLADORAS



Cantidad: 36



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

**BARAJAS NAIPES**



Cantidad: 10

**JUEGOS DIDÁCTICOS**



Cantidad: 6



UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

**CLAVIJEROS**



Cantidad: 2

**METROS DE MODISTERÍA**



Cantidad: 6

**FLEXÓMETRO**



Cantidad: 1



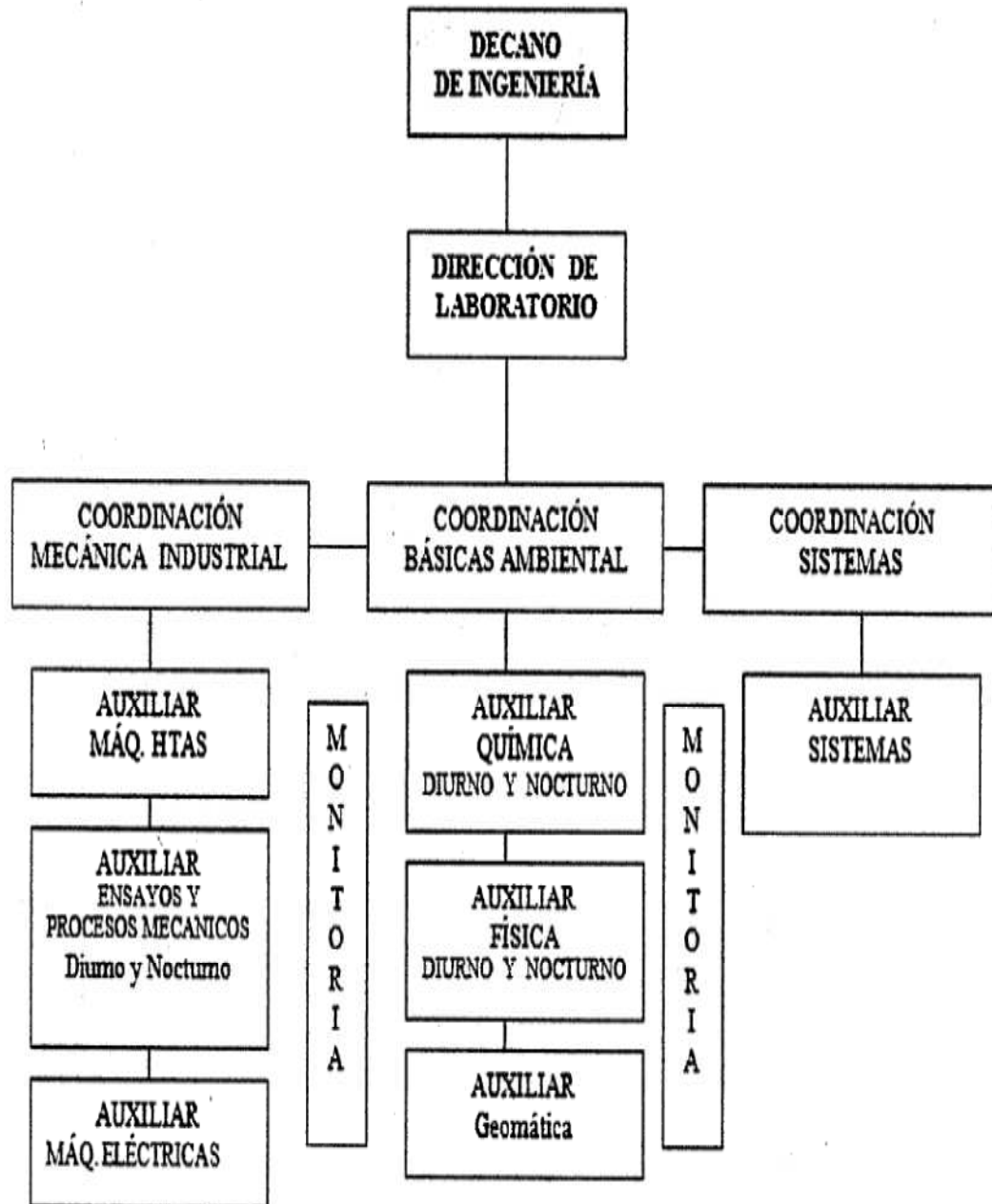
UNIVERSIDAD LIBRE  
SEDE BOSQUE POPULAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CRONÓMETROS



Cantidad: 44 (37 casio y 7 sporline)


## ANEXO B. ORGANIGRAMA LABORATORIOS FACULTAD DE INGENIERÍA



Fuente: Evaluación de la estructura organizacional de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre, 2010, Deisy Janeth Herrera.

## ANEXO C. ESTADÍSTICAS DE USO LABORATORIOS FACULTAD DE INGENIERÍA


### PERÍODO 2010-1

				INFORME USO DE LABORATORIO						CÓDIGO: F.O.DAL.000-30-01
										PÁGINA: 06
										VERSIÓN: 000
										FECHA CREACIÓN: 10/2007
No. SOLICITUD	TOTAL SOLICITUD CLASE	TOTAL SOLICITUD EXTRA CLASE	TOTAL SOLICITUD PROYECTOS E INVESTIGACIÓN	LABORATORIO	DOCENTE	ASIGNATURA O INVESTIGACIÓN	No HORAS CLASE	No HORAS EXTRA CLASE	No HORAS PROYECTOS E INVESTIGACIÓN	CÓDIGO EQUIPOS Y/O MÁQUINAS UTILIZADAS
48-58-104-133-148 164-179-180-182- 191-202-215-222- 227-239-247-254- 259-267-279	17	3	0	ANÁLISIS DE MATERIALES	ANTONIO JUNCO	TRATAMIENTOS TÉRMICOS	49	6		TABLAS PARA PULIR PULIDORAS HORNOS MUFLA DURÓMETRO MICROSCOPIO EMPASTILLADORA
61-381	0	0	2		CARLOS BOHORQUEZ	TRATAMIENTOS TÉRMICOS			11	ANALIZADOR DE IMÁGENES PULIDORAS METALGRÁFICAS
331-411	0	0	2		NIDIA JIRADO	INVESTIGACIÓN			12	TABLAS PARA PULIR PULIDORAS MICROSCOPIO
51	0	0	1		JHON FORERO	INVESTIGACIÓN			2	TABLAS PARA PULIR PULIDORAS MICROSCOPIO
17-18-60-66-67-86- 101-131-134-140- 151-173-192-216- 217-266-229-231- 246-248-252-256- 257-258-262-273- 274-285-286	24	7	0	MÁQUINAS HERRAMIENTAS	WILLIAM PEREZ	TECNOLOGÍA MECÁNICA BÁSICA	88	12,5		CALIBRADOR MICRÓMETRO SEGUETA GALGAS ESCUADRA PRECISIÓN CENTROPUNTO BURIL COMPARADOR DE CARATURA TORNO FRESADORA ESCARIADORES ESMERIL TALADRO BROCAS
30-29-28-27-26-25- 68-69-70-71-105- 106-107-108-147- 153-154-178-181- 174-208-175-209- 219-230-233-234- 235-236-263-264- 265-266	30	3	0		GUILLERMO CUERVO	TECNOLOGÍA MECÁNICA BÁSICA	120	6		CALIBRADOR MICRÓMETRO SEGUETA GALGAS ESCUADRA PRECISIÓN CENTROPUNTO BURIL COMPARADOR DE CARATURA TORNO FRESADORA ESCARIADORES ESMERIL TALADRO BROCAS
7-8-10+12-13- 15-40-41-51-56- 57-85-88-89-90- 91-92-93-94- 123-161-162- 163	23	0	0		LEONARDO CONTRERAS DIA	PROCESOS INDUSTRIALES	49			TALADRO BROCAS CALIBRADOR MICRÓMETRO LLAVES FLEXÓMETRO ESCUADRA REMACHADORA PULIDORA
9-11-14-15-352- 84-95-122-160	9	0	0		LEONARDO CONTRERAS NOCHE		18			
45-46-47-53-55- 65-79-200-203	0	9	0		ANTONIO JUNCO	TRATAMIENTOS TÉRMICOS		18		SIERRA MECÁNICA PRENSAS BANCOS TORNO
291	0	0	1		NIDIA JIRADO	INVESTIGACIÓN			2	SEGUETA MECÁNICA CALIBRADOR PRENSAS
41-81	0	0	2		JHON FORERO	INVESTIGACIÓN			3	
50-83-287	0	3	0		RICARDO RIOS	DIBUJO DE MÁQUINAS		5		
86-127-168-207	4	0	0		LUIS LEIVA SABADOS	PROCESO INDUSTRIALES	4			TALADRO BROCAS CALIBRADOR MICRÓMETRO LLAVES FLEXÓMETRO ESCUADRA REMACHADORA PULIDORA
135	1	0	0		GILBERTO ENCINALES	CONTROL A LA INGENIERÍA	2			
129-130	1	1	0		FERNADO GARCIA	PROCESOS INDUSTRIALES	2	2		
77-131-281	0	0	3		CARLOS BOHORQUEZ	INVESTIGACIÓN			7,3	
172-278-275	0	3	0	ISMAEL MARQUEZ	CINÉTICA		6		TORNO CALIBRADOR SEGUETA MECÁNICA	
72-78-109-128- 110-111-113-	16	2	7	MÁQUINAS HERRAMIENTAS II	LUIS FERNANDO VARGAS	CNC	35	5	33	CENTRO DE MECANIZADO CNC
49-124-125-126- 178-183-184- 185-186	9	0	0	CUARTO OSCURO	CARLOS LOZANO	FOTOGRAFÍA	18			CUBAS DE ENJUAGUE




1-31-32-33-43-42-76-75-74-136-137-138-152-155-156-157-158-159-197-198-199-249-251-280	23	2	0	ENSAYOS DESTRUCTIVOS	YOINER CIFUENTES	LAB ENSAYOS MECÁNICOS	66	2		MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DURÓMETRO MICROSCOPIO MÁQUINA DE IMPACTO MICRODURÓMETRO CALIBRADORES	
398-441	0	0	2		JHON FORERO	INVESTIGACIÓN			12	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS	
221-261	0	0	2			LUIS FERNANDO VARGAS	INVESTIGACIÓN			5	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS
24-34-35-36-54	4	1	0			LUIS LEYVA	PROCESOS INDUSTRIALES	8	1		MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS
61-62-63-64	4	0	0	PROCESOS INDUSTRIALES III MOJENDA	ALVARO MIGUEZ	QUÍMICA INDUSTRIAL	15			MOLINO DE MARTILLO TRITURADOR DE MANDÍBULA TAMIZADORA TAMICES	
3-4-5-6	4	0	0		SONIA TORRES	QUÍMICA INDUSTRIAL NOCHE	8			MOLINOS TAMIZADORAS TAMICES BALANZA	
132	1	0	0		DIEGO SUERO	PROCESOS INDUSTRIALES	1			MOLINOS TAMIZADORAS TAMICES BALANZA	
187-269	2	0	0		LUIS LEIVA	PROCESOS INDUSTRIALES	5			MOLINOS TAMIZADORAS TAMICES BALANZA	
103-102-166-204-218-232	6	0	0		ALONSO GAITAN	QUÍMICA INDUSTRIAL NOCHE	11			MOLINO DE MARTILLO TRITURADOR DE MANDÍBULA TAMIZADORA TAMICES	
142-143-144-145	4	0	0	MÉTODOS	IRMA PARAMO	INVESTIGACIÓN APLICADA I	8			FICHAS LEGO	
225-222-224-223-240-241	6	0	0		RAFEL SUPELANO	MÉTODOS	16			CRONÓMETROS PLANILLADORAS BARAJAS	
253	1	0	0		MARIO BERRIO	MÉTODOS	3			BARAJAS CLAVIJEROS TOMBOLA	
87-148-188-421	0	0	2	PLANTAS TÉRMICAS	WILLIAM PEREZ	INVESTIGACIÓN			13	CALDERA PIROTUBULAR LLAVES HOMBRESOLO TALADRO SEGUETA LIMAS ATORNILLADOR	
91-191	0	0	2		RENE SILVA	INVESTIGACIÓN			4	CALDERA PIROTUBULAR LLAVES HOMBRESOLO TALADRO SEGUETA LIMAS ATORNILLADOR	
189	1	0	0	PROCESOS INDUSTRIALES I PLÁSTICOS	JUAN CARLOS SANTIAGO	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	3			RECICLADORA DE PAEL INYECTORA DE PLÁSTICO	
210-211-228-260-272	4	0	0		FERNADO GARCIA	PROCESOS INDUSTRIALES NOCTURNO	17			MARMITA	
237	1	0	0		LUIS FORERO MAYORGA	ADMINISTRACIÓN EMPRESARIAL	4			RECICLADORA DE PAEL	
201	1	0	0		MARIO SOTO	PROCESOS INDUSTRIALES NOCTURNO	2				
270	1	0	0		LUIS LEIVA	PROCESOS INDUSTRIALES NOCTURNO	4			MARMITA	
193	1	0	0		HECTOR MOSQUERA	PROCESOS DE MANUFACTURA	2			LAMINADORA INYECTORA DE PLÁSTICA	
80-81-97-98	4	0	0		MARIO BERRIO	INGENIERÍA DE MÉTODOS	12			TALADRO BROCAS FLEXÓMETRO ESCUADRA PRENSA SERRUCHO MESA DE TRABAJO	
111-181-201-241-301-451	0	0	6	PROCESOS INDUSTRIALES II MADREAS	JHON FORERO	INVESTIGACIÓN			16	TALADRO BROCAS SIERRA ACOLILLADORA	
214-212-213-242-243	5	0	0		LEONARDO CONTRERAS	PROCESOS INDUSTRIALES	12			TALADRO BROCAS FLEXÓMETRO ESCUADRA PRENSA SERRUCHO MESA DE TRABAJO	
255-271-282-284	3	1	0		LUIS LEIVA	PROCESOS INDUSTRIALES	6	0,3		TALADRO BROCAS FLEXÓMETRO ESCUADRA PRENSA SERRUCHO MESA DE TRABAJO	
268	1	0	0		MANUEL MARTINEZ	PROCESOS INDUSTRIALES	2			TALADRO BROCAS SIERRA ACOLILLADORA	
73	0	1	0		RICARDO RIOS	DIBUJO DE MÁQUINAS			1	TORNO PARA MADERA TALADRO BROCAS SIERRA ACOLILLADORA CALADORA	
82-99-100-190-195-205-206-283	8	0	0	PRODUCCIÓN	DIEGO SUERO	PROCESOS INDUSTRIALES	17,5			HAS 200	
195-244-245	3	0	0		EVER FUENTES	LOGÍSTICA	4			HAS 200	
101-121-161-151-401-461	0	0	6		JHON FORERO	INVESTIGACIÓN			41	HAS 200	
150-149-165-238-276-277	2	3	1		JHON GARCIA	CONTROL DE PRODUCCIÓN	4	8,3	1	HAS 200	
281	1	0	0		LUIS LEIVA	PROCESOS INDUSTRIALES	1,3			HAS 200	
<b>TOTAL</b>							<b>616,8</b>	<b>73,1</b>	<b>162,3</b>		

## PERIODO 2010-2


				INFORME USO DE LABORATORIO						CÓDIGO: F.O.DAL.000-30-01 PAGINA: 06 VERSIÓN: 000 FECHA CREACION: 10/2007	
FECHA: DICIEMBRE 14 DE 2010											
No. SOLICITUD	TOTAL SOLICITUD CLASE	TOTAL SOLICITUD EXTRA CLASE	TOTAL SOLICITUD PROYECTOS E INVESTIGACIÓN	LABORATORIO	DOCENTE	ASIGNATURA O INVESTIGACIÓN	No HORAS CLASE	No HORAS EXTRA CLASE	No HORAS PROYECTOS E INVESTIGACIÓN	CÓDIGO EQUIPOS Y/O MÁQUINAS UTILIZADAS	
363-371-377-382-393-394-414-413-415-432-444-446-449-486-501-502-508-527-531-532-503-562	18	3	0	ANÁLISIS DE MATERIALES	ANTONIO JUNCO	TRATAMIENTOS TÉRMICOS	59	4		TABLAS PARA PULIR PULIDORAS HORNOS MUFLA DUROMETRO MICROSCOPIO EMPASTILLADORA	
	0	0	2		NIDIA JIRADO	INVESTIGACIÓN			33	TABLAS PARA PULIR PULIDORAS MICROSCOPIO	
310-311-312-315-316-321-329-338-343-345-353-372-375-384-385-386-403-406-404-441-445-458-463-473-485-499-512-526-530-540	25	5	0	MÁQUINAS HERRAMIENTAS	WILLIAM PEREZ	TECNOLOGÍA MECÁNICA BÁSICA	94	11		CALIBRADOR MICRÓMETRO SEGUETA GALGAS ESCUADRA PRECISION CENTROPUNTO BURIL COMPARADOR DE CARATURA TORNO FRESADORA ESCARIADORES ESMERIL TALADRO BROCAS	
306-291-313-318-320-332-333-334-347-348-346-360-349-362-366-365-381-389-390-388-395-396-397-410-412-411-429-430-431-450-470-469-468-495-467-493-492-494-491-528-535-529-537-536-538	34	11	0		GUILLERMO CUERVO	TECNOLOGÍA MECÁNICA BÁSICA	136	28		CALIBRADOR MICRÓMETRO SEGUETA GALGAS ESCUADRA PRECISION CENTROPUNTO BURIL COMPARADOR DE CARATURA TORNO FRESADORA ESCARIADORES ESMERIL TALADRO BROCAS	
327-328-336-337-341-342-367-368-378-379-399-400	12	0	0		LEONARDO CONTRERAS DIA	PROCESOS INDUSTRIALES	24			TALADRO BROCAS CALIBRADOR MICRÓMETRO LLAVES FLEXÓMETRO ESCUADRA REMACHADORA PULIDORA	
369-380-398-405-428-500	6	0	0		LEONARDO CONTRERAS NOCHE		24				
359-510	0	2	0		ANTONIO JUNCO	TRATAMIENTOS TÉRMICOS		4		SIERRA MECÁNICA PRENSAS BANCOS TORNO	
407	0	0	1		JHON FORERO	INVESTIGACIÓN			1		
344-352-355-497	0	5	0		RICARDO RIOS	DIBUJO DE MÁQUINAS		10		TALADRO BROCAS CALIBRADOR MICRÓMETRO LLAVES FLEXÓMETRO ESCUADRA REMACHADORA PULIDORA	
	1	0	0		LUIS LEIVA SABADOS	PROCESO INDUSTRIALES	4				
498-507-518	3	0	0		FERNADO GARCIA	PROCESOS INDUSTRIALES	7				
314-564	0	2	0		ISMAEL MARQUEZ	CINÉTICA		4		TORNO CALIBRADOR SEGUETA MECÁNICA	
478-479-480-481-482-483	6	0	0	CUARTO OSCURO	CARLOS LOZANO	FOTOGRAFÍA	12			CUBAS DE ENJUAGUE	
323-331-330-340-339-351-368-350-391-401-402-420-421-453-452-476-475-488-487-515	20	1	0	ENSAYOS DESTRUCTIVOS	YOINER CIFUENTES	LAB ENSAYOS MECÁNICOS	60	2		MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DURÓMETRO MICROSCOPIO MÁQUINA DE IMPACTO MICRODURÓMETRO CALIBRADORES	
361-357-370-387-424-422-451-457	8	0	0		ISMAEL MARQUEZ	LAB ENSAYOS MECÁNICOS	16			MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS	

373-393-437	2	1	0	PROCESOS INDUSTRIALES III MOIENDA	ALVARO MIGUEZ	QUÍMICA INDUSTRIAL	8	1		MOLINO DE MARTILLO TRITURADOR DE MANDÍBULA TAMIZADORA TAMICES
376	1	0	0		SONIA TORRES	QUÍMICA INDUSTRIAL NOCHE	2			MOLINOS TAMIZADORAS TAMICES BALANZA
438-454-456- 477-513-539- 423	7	0	0		GABRIEL CAMARGO	BALANCE DE MATERIA	14			MOLINOS TAMIZADORAS TAMICES BALANZA
565	1	0	0		INGRID RIVERA	PROCESOS INDUSTRIALES	2			MOLINOS TAMIZADORAS TAMICES BALANZA
383	1	0	0		ALONSO GAITAN	QUÍMICA INDUSTRIAL NOCHE	2			MOLINO DE MARTILLO TRITURADOR DE MANDÍBULA TAMIZADORA TAMICES
474	1	0	0	MÉTODOS	IRMA PARAMO	INVESTIGACION APLICADA I MÉTODOS	2			FICHAS LEGO
442-443-465- 374-435-434- 472-496	4	0	0		RAFEL SUPELANO		10			CRONÓMETROS PLANILLADORAS BARAJAS
490	1	0	0	PROCESOS INDUSTRIALES I PLÁSTICOS	FERNADO GARCIA	PROCESOS INDUSTRIALES	16			MARMITA
518	1	0	0		LUIS FORERO MAYORGA	ADMINISTRACION EMPRESARIAL	4			RECICLADORA DE PAEL
					HECTOR MOSQUERA	PROCESOS DE MANUFACTURA	2			LAMINADORA INYECTORA DE PLASTICA
436-455-462	3	0	0	PROCESOS INDUSTRIALES II MADREAS	TELESFORO VESGA	INGENIERÍA DE MÉTODOS	9			TALADRO BROCAS FLEXÓMETRO ESCUADRA PRENSA SERRUCHO MESA DE TRABAJO
408-409-426- 427-425-461- 459-506	8	0	0		LEONARDO CONTRERAS	PROCESOS INDUSTRIALES	24			TALADRO BROCAS FLEXÓMETRO ESCUADRA PRENSA SERRUCHO MESA DE TRABAJO
431-440-433- 448-471	5	0	0		LUIS LEIVA	PROCESOS INDUSTRIALES	13			TALADRO BROCAS FLEXÓMETRO ESCUADRA PRENSA SERRUCHO MESA DE TRABAJO
<b>TOTAL</b>							<b>544</b>	<b>64</b>	<b>34</b>	


PERÍODO 2011-1

				<b>INFORME USO DE LABORATORIO</b>						CÓDIGO: F.O.DAL.000-30-01 PAGINA: 06 VERSIÓN: 000 FECHA CREACION: 10/2007	
FECHA: 20 de junio 2011											
No. SOLICITUD	TOTAL SOLICITUD CLASE	TOTAL SOLICITUD EXTRA CLASE	TOTAL SOLICITUD PROYECTOS E INVESTIGACIÓN	LABORATORIO	DOCENTE	ASIGNATURA O INVESTIGACIÓN	No HORAS CLASE	No HORAS EXTRA CLASE	No HORAS PROYECTOS E INVESTIGACIÓN	CODIGO EQUIPOS Y/O MÁQUINAS UTILIZADAS	
17, 21, 26, 28, 32, 33, 38, 52, 67, 88, 114, 128, 221, 223	16	0	0	E N D	NELSON TORRES	E N D	44	0	0	INTENSÍMETRO, DOSÍMETROS, LETRAS DE PLOMO, TITAS PENETRANTE, EQUIPO ULTRASONIDO, RX	
23, 31, 232	0	0	3	ENSAYOS DESTRUCTIVOS	CARLOS BOHORQUEZ	INVESTIGACIÓN	0	0	9		
29, 34, 94, 119, 180	0	0	5		JOHN FOREO	INVESTIGACIÓN	0	0	15		
154, 174, 175	3	0	0	GEOMÁTICA	NIDIA JIRADO	ENSAYOS MECÁNICOS	9	0	0		
39, 78, 95, 120, 214, 222	6	0	0		CRISTIAN GOES	ASTRONOMÍA	18	0	0	TELESCOPIO	
96, 133, 183, 226, 2	5	0	0		DIEGO FELIPE PRIETO	CARTOGRAFÍA AUTOMATIZADA	15	0	0		
37, 155, 163, 182	4	0	0		GILBERTO VALLEJO	CUENCAS	12	0	0		
83, 84, 105, 111, 13	5	0	0		HECTOR DIAZ	SIG	15	0	0		
159, 230	0	2	0		PABLO BONILLA	FOTOGRAMETRÍA	0	6	0	ESTEREOSCOPIOS, PLANIMETROS	
1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 5, 0, 51, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 71, 74, 75, 76, 7, 9, 80, 81, 82, 89, 91, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 106, 107, 109, 11, 0, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 121, 122, 12, 3, 124, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 13, 6, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 14, 6, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 156, 157, 15, 8, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 16, 9, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 181, 184, 18, 5, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 193, 194, 19, 5, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 20, 4, 205, 206, 207, 208, 210, 211, 212, 213, 21, 5, 216, 217, 218, 219	80	71	0		RICARDO VEGA	TOPOGRAFÍA	96	213	0	CINTA MÉTRICA, JALONES, MACETA, PLOMADAS, TEODOLITOS, PLANIMETROS, NIVELES	
108, 134, 149	3	0	0		MADERAS	WILLIAN PEREZ	PROCESOS INDUSTRIALES	9	0	0	
22, 36, 77	3	0	0		MÁQUINAS Y HTAS	WILLIAN PEREZ	PROCESOS INDUSTRIALES	9	0	0	
24, 25	2	0	0			JEFFERSON INFANTE	TECNOLOGÍA MECÁNICA	8	0	0	
87, 90,	2	0	0	MÉTODOS	RAFAEL SUPELANO	MÉTODOS	6	0	0		
35, 56, 85, 93	4	0	0	MOLINOS	SONIA TORRES	QUÍMICA INDUSTRIAL	8	0	0		
53, 69, 229	0	0	3	MOTORES	IVAN GOMEZ	INVESTIGACIÓN	0	0	9	MOTOR HYUNDAI DIESEL Y HERRAMIENTA	
86, 92	2	0	0	SOLDADURA	WILLIAN PEREZ	PROCESOS INDUSTRIALES	6	0	0	EQUIPOS DE SOLDADURA ELÉCTRICA, EQUIPO DE SEGURIDAD	

PERÍODO 2011-2

				INFORME USO DE LABORATORIO						CÓDIGO: FO.DAL.000-30-01 PAGINA: 06 VERSIÓN: 000 FECHA CREACION: 10/2007	
FECHA: 7 de diciembre 2011											
No. SOLICITUD	TOTAL SOLICITUD CLASE	TOTAL SOLICITUD EXTRA CLASE	TOTAL SOLICITUD PROYECTOS E INVESTIGACIÓN	LABORATORIO	DOCENTE	ASIGNATURA O INVESTIGACIÓN	No HORAS CLASE	No HORAS EXTRA CLASE	No HORAS PROYECTOS E INVESTIGACIÓN	CODIGO EQUIPOS Y/O MÁQUINAS UTILIZADAS	
25,60,74,128,161,182,205,208,232,241,248,249	12	0	0	E N D	NELSON TORRES	E N D	48	0	0	INTENSÍMETRO,DOSÍMETROS, LETRAS DE PLOMO, TINTAS PENETRANTE,EQUIPO ULTRASONIDO, RX	
9,32,49,84,210,235,	6	0	0		NIDIA JIRADO	ELECTIVA	12	0	0	EQUIPO DE ULTRASONIDO,YOKE	
4,5,237	0	0	3		NIDIA JIRADO	TRATAMIENTOS TÉRMICOS	0	0	6		
6,7,15,158,184	5	0	0	GEOMÁTICA	CRISTIAN GOES	ASTRONOMÍA	12	0	0	TELESCOPIO	
1	0	0	1		NIKOLAY AGUDELO	INVESTIGACIÓN	0	0	6	MESAS DIGITALIZADORAS	
88,24	2	0	0		GILBERTO VALLEJO	CUENCAS	7	0	0	ESTEREOSCOPIOS DE ESPEJOS	
.217,231,232,238,243	10	0	0		HECTOR DIAZ	SISTEMAS DE INFORMACIÓN	32	0	0	MESAS DIGITALIZADORAS	
17,27,53,57,87,93,177,206,216,221,223,230	6	6	0		PABLO BONILLA	FOTOGRAFÍA	20	17	0	ESTEREOSCOPIOS, PLANIMETROS	
10,11,12,13,14,16,18,19,20,21,22,23,26,28,29,30,31,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,50,51,52,54,55,56,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,75,76,77,78,79,80,81,82,83,85,88,89,90,91,92,97,98,99,100,101,102,104,105,106,107,109,110,111,112,113,114,115,116,117,118,119,121,122,123,124,126,129,130,132,133,134,135,137,140,142,144,145,146,147,148,149,150,151,152,153,154,155,156,157,159,160,162,164,167,168,175,178,185,186,188,189,190,190,192,193,194,195,196,200,204,211,212,213,214,215,219,220,222,224,225,226,227	85	64	0		RICARDO VEGA	TOPOGRAFÍA	96	50	0	CINTA MÉTRICAS, JALONES,MACETA ,PLOMADAS, TEODOLITOS, PLANIMETROS, NIVELES	
120,169,172,173,180,207,	5	0	1		ANDRES FELIPE LOPEZ	CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	15	0	3	ESTACION METEREOLÓGICA,SONOMETRO,TESTO 350	
127,138	2	0	0		EDISON	MANEJO RESIDUOS SÓLIDOS	4	0	0	LABORATORIO	
199,202,203,218,234	0	0	5		GINA GONZALEZ	INVESTIGACIÓN	15	0	0	MESAS DIGITALIZADORAS,ESTACION METEREOLÓGICA	
131,163,	2	0	0		MADERAS	WILLIAN PEREZ	PROCESOS INDUSTRIALES	12	0	0	TORNO, TALADRO,SIERRA, LIGADORA
139,165,174	3	0	0	TELESFORO VESGA		MÉTODOS	9	0	0	TALADRO,CALADORA,SIERRA	
8	3	0	0	MÁQUINAS Y HTAS	WILLIAN PEREZ	PROCESOS INDUSTRIALES	5	0	0		
2,3	0	0	2		JOHN FORERO	INVESTIGACIÓN	0	0	32		
166	1	0	0	MÉTODOS	RAFAEL SUPELANO	MÉTODOS	3	0	0	CRONOMETROS	
94,95,96,143,	4	0	0	MOLINOS	SONIA TORRES	QUÍMICA INDUSTRIAL	8	0	0	MOLINOS, TAMIZADORA	
181	1	0	0	SOLDADURA	WILLIAN PEREZ	PROCESOS INDUSTRIALES	6	0	0	EQUIPOS DE SOLDADURA ELECTRICA, EQUIPO DE SEGURIDAD	
176,197,293	3	0	0	MATERIALES	FERNANDO ROJAS	CIENCIA DE MATERIALES	6	0	0	MICROSCOPIO METALOGRAFICO	
183	1	0	0		ANTONIO JUNCO	TRATAMIENTOS TÉRMICOS	3	0	0	MICROSCOPIO METALOGRAFICO	
103,179,187,201,244	0	0	5		CARLOS BOHORQUEZ	INVESTIGACIÓN	0	0	17		

## ANEXO D. FORMATO DE ENCUESTA APLICADA A LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

<b>UNIVERSIDAD LIBRE</b> Sede Bosque Popular Programa Ingeniería Industrial Proyecto de Grado		<b>ENCUESTA DE SATISFACCIÓN</b>				
Respetado estudiante						
Amablemente lo invitamos a responder el siguiente cuestionario, el cual solo requiere pocos minutos de su tiempo.						
<b>Objetivo:</b> Medir el nivel de satisfacción de los estudiantes de 4° a 10° semestre de Ingeniería Industrial respecto a los servicios que prestan los laboratorios del Programa.						
<b>Fecha:</b> _____						
1. De los siguientes laboratorios, ¿en cuál ha desarrollado algún tipo de práctica?						
Madera	_____	Celdas de manufactura	_____			
Máquinas y Herramientas	_____	No los conozco	_____			
Plásticos	_____					
<b>En caso que su respuesta a la pregunta 1 haya sido "No los conozco", por favor NO continúe con la encuesta.</b>						
2. ¿Cuál es la razón por la cual ha visitado los Laboratorios?						
Hacer práctica obligatoria	_____					
Curiosidad	_____					
Realizar una investigación	_____					
3. ¿Cuál es su grado de satisfacción con los Laboratorios de Ingeniería Industrial?						
Completamente satisfecho	_____					
Satisfecho	_____					
Ni satisfecho Ni insatisfecho	_____					
Insatisfecho	_____					
Completamente insatisfecho	_____					
4. Por favor valore los siguientes atributos de 1 a 5 donde:						
1 = Totalmente en desacuerdo						
2 = Desacuerdo						
3 = Medianamente de acuerdo						
4 = De acuerdo						
5 = Totalmente de acuerdo						
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Mis conocimientos sobre los conceptos recibidos han aumentado gracias a las prácticas de laboratorio						
Las prácticas de laboratorio han aumentado mi interés en los temas tratados						
Los laboratorios me muestran parte de la realidad a la cual me enfrentaré en la industria						
Los laboratorios son una herramienta de aprendizaje que permiten poner en práctica la teoría						
Los laboratorios de Ingeniería Industrial han cumplido con mis expectativas						
5. Valore por favor las condiciones del laboratorio de 1 a 3 (donde: 1 = Malo; 2 = Regular; 3 = Bueno)						
Espacio	_____	Señalización	_____			
Maquinaria y equipo	_____	Seguridad estudiantes	_____			
Ergonomía	_____	Seguridad máquinas	_____			
Ubicación	_____	Reglamento uso laboratorio para estudiantes	_____			
Condiciones del ambiente	_____	Conocimiento del docente en manejo de máquinas	_____			

ANEXO E. ESTUDIANTES MATRICULADOS EN EL PERÍODO 2012-1 EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD LIBRE  
BOSQUE POPULAR



SINU  
<EMAR53>  
29/02/2012 06:02  
Página 1 de 1

Sistema de Información de Admisiones y Registro Académico

STATISTICA DE MATRICULADOS ACADEMICA Y FINANCIERAMENTE POR PROGRAMA Y NIVE

Periodo 20121 PRIMER PERIODO 2012  
Facultad FACULTAD DE INGENIERIA  
Modalidad Todas las Modalidades

N = 746  
m = 67

Niveles (semestre/año)

Código Programa	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
02623	INGENIERIA INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	0	0	8
02624	INGENIERIA INDUSTRIAL	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	6	11
02629	INGENIERIA INDUSTRIAL - JORNADA UNICA-MULTIPLE OFERTA	96	105	110	81	86	83	74	111	72	104	0	0	1045
02643	INGENIERIA AMBIENTAL	0	0	0	0	0	0	0	6	0	4	0	0	10
02649	INGENIERIA AMBIENTAL - PENSUM 2006	73	100	66	31	40	42	40	22	23	26	0	0	463
02653	INGENIERIA MECANICA	0	0	1	1	3	0	2	2	6	5	0	0	20
02659	INGENIERIA MECANICA-PENSUM 2006	54	54	46	46	49	37	7	22	15	20	0	0	352
02661	INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA DIURNO	1	0	0	0	1	0	3	2	5	10	0	0	22
02664	INGENIERIA DE SISTEMAS NOCTURNO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
02669	INGENIERIA DE SISTEMAS - Jornada Unica - Multiple oferta	52	37	36	39	48	46	35	36	43	42	0	0	416
	Total Facultad	275	296	263	198	242	238	203	203	206	215	1	7	2348

1064

ANEXO F. TAMAÑO DE LA MUESTRA

**TAMAÑO DE MUESTRA**

**POBLACIÓN PEQUEÑA**

NC = Nivel de confianza	95%
E = Error de muestreo	5%
P = Proporción éxito	0,95
Q = Proporción fracaso	0,05
N = Población	746
Z = Desviación normal	1,95996398
<b>n = Muestra</b>	<b>67</b>

Se definió este valor porque la heterogeneidad poblacional es casi nula ya que la población objeto de estudio SI cumple con los requisitos de la encuesta

$$n = \frac{Z^2 PQN}{E^2 (N - 1) + Z^2 PQ}$$

ESTRATOS	POBLACIÓN	MUESTRA	
4	81	7,27479893	7
5	101	9,07104558	9
6	113	10,1487936	10
7	116	10,4182306	10 se aproximó a 11
8	113	10,1487936	10
9	114	10,2386059	10
10	108	9,6997319	10
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	746	67	67

Nota: Se debe hacer ajuste manual

**PREGUNTA 1**



**ANEXO G. TABULACIÓN ENCUESTA APLICADA A LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA**

Semestre	Consecutivo Encuestado	MADERA	MANUFACTURA	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	PLASTICOS
4	1	1			
7	2				1
5	3		1		
5	4	1		1	1
4	5	1		1	1
5	6		1		
4	7	1	1	1	
4	8	1	1	1	
5	9	1		1	
5	10	1		1	
7	11	1		1	
7	12	1			
7	13	1			
7	14	1	1		
7	15	1	1	1	
7	16	1	1	1	
4	17	1	1	1	
7	18	1	1		
7	19	1	1	1	
7	20	1		1	
7	21	1	1		
8	22	1		1	
8	23	1	1		
8	24	1	1	1	
8	25	1			
4	26	1		1	
8	27	1		1	1
8	28	1		1	
5	29	1			
5	30	1			
5	31		1	1	
8	32	1	1	1	1
8	33	1		1	
8	34			1	
5	35		1	1	1
4	36			1	
8	37		1	1	1
9	38	1			
9	39	1		1	
9	40		1	1	
9	41			1	
9	42		1	1	
9	43		1	1	
9	44			1	
9	45		1	1	
9	46			1	
9	47			1	
10	48			1	
10	49		1	1	
10	50	0	0	0	0
10	51	1			
10	52			1	
10	53			1	
10	54			1	1
10	55			1	
10	56	1	1	1	
10	57			1	
6	58	1			
6	59		1	1	1
6	60		1	1	
6	61	1		1	
6	62	1	1		
6	63	1		1	
6	64	1		1	
6	65	1	1		
6	66			1	
6	67			1	1
<b>TOTAL</b>		<b>39</b>	<b>27</b>	<b>48</b>	<b>10</b>

**PREGUNTA 2**

Semestre	Consecutivo Encuestado	PRÁCTICA OBLIGATORIA	CURIOSIDAD	REALIZAR INVESTIGACIÓN
4	1	1		
7	2	1		
5	3	1		
5	4	1		
4	5	1		
5	6	1	1	
4	7	1		
4	8	1		
5	9	1		
5	10	1		
7	11	1		
7	12	1		
7	13	1		
7	14	1		
7	15	1		
7	16	1		
4	17	1		
7	18	1		
7	19	1		
7	20	1		
7	21	1		
8	22	1		
8	23	1		
8	24	1		
8	25	1		
4	26	1		
8	27	1		
8	28	1		
5	29	1		
5	30	1		
5	31	1		
8	32	1		
8	33	1		
8	34	1		
5	35	1	1	
4	36	1		
8	37	1		
9	38	1		
9	39	1		
9	40	1		
9	41	1		
9	42	1		
9	43	1		
9	44	1		
9	45	1	1	
9	46	1		
9	47	1		
10	48	1		
10	49	1		
10	50	0		
10	51	1		
10	52	1		
10	53	1		
10	54	1		
10	55	1		
10	56	1		
10	57	1		
6	58	1		
6	59	1		
6	60	1		1
6	61	1		
6	62	1		
6	63	1		
6	64	1		
6	65	1		
6	66	1		
6	67	1		
TOTAL		66	3	1

### PREGUNTA 3

Semestre	Consecutivo Encuestado	COMPLETAMENTE SATISFECHO	SATISFECHO	NI SATISFECHO NI INSATISFECHO	INSATISFECHO	COMPLETAMENTE INSATISFECHO
4	1				1	
7	2					1
5	3				1	
5	4		1			
4	5				1	
5	6			1		
4	7			1		
4	8				1	
5	9			1		
5	10		1			
7	11			1		
7	12				1	
7	13				1	
7	14		1			
7	15				1	
7	16			1		
4	17			1		
7	18		1			
7	19			1		
7	20			1		
7	21			1		
8	22			1		
8	23			1		
8	24				1	
8	25				1	
4	26			1		
8	27				1	
8	28		1			
5	29		1			
5	30		1			
5	31				1	
8	32				1	
8	33		1			
8	34			1		
5	35				1	
4	36				1	
8	37		1			
9	38				1	
9	39		1			
9	40			1		
9	41			1		
9	42		1			
9	43			1		
9	44				1	
9	45				1	
9	46				1	
9	47			1		
10	48				1	
10	49			1		
10	50					
10	51				1	
10	52			1		
10	53				1	
10	54				1	
10	55				1	
10	56				1	
10	57			1		
6	58			1		
6	59				1	
6	60		1			
6	61				1	
6	62			1		
6	63			1		
6	64			1		
6	65			1		
6	66					1
6	67					1
<b>TOTAL</b>		0	12	25	26	3

## PREGUNTA 4

Semestre	Consecutivo Encuestado	ATRIBUTO 1					ATRIBUTO 2					ATRIBUTO 3					ATRIBUTO 4					ATRIBUTO 5					
		1.Totalmente en desacuerdo	2.Desacuerdo	3.Medianamente de acuerdo	4.De acuerdo	5.Totalmente de acuerdo	1.Totalmente en desacuerdo	2.Desacuerdo	3.Medianamente de acuerdo	4.De acuerdo	5.Totalmente de acuerdo	1.Totalmente en desacuerdo	2.Desacuerdo	3.Medianamente de acuerdo	4.De acuerdo	5.Totalmente de acuerdo	1.Totalmente en desacuerdo	2.Desacuerdo	3.Medianamente de acuerdo	4.De acuerdo	5.Totalmente de acuerdo	1.Totalmente en desacuerdo	2.Desacuerdo	3.Medianamente de acuerdo	4.De acuerdo	5.Totalmente de acuerdo	
4	1		1						1					1					1						1		
7	2	1					1					1							1		1						
5	3		1						1				1				1								1		
5	4				1				1				1						1						1		
4	5		1						1				1					1						1			
5	6			1						1				1					1						1		
4	7				1				1					1					1						1		
4	8		1						1				1						1					1			
5	9			1					1				1					1						1			
5	10				1					1				1					1						1		
7	11				1				1					1					1						1		
7	12		1						1					1					1					1			
7	13		1						1				1						1				1				
7	14			1					1				1						1					1			
7	15			1					1				1						1					1			
7	16		1						1					1					1						1		
4	17			1					1				1						1						1		
7	18				1					1				1					1						1		
7	19			1					1					1					1						1		
7	20				1				1					1					1						1		
7	21		1						1					1					1						1		
8	22				1					1				1					1						1		
8	23			1						1				1					1					1			
8	24		1						1					1					1						1		
8	25		1						1					1					1		1						
4	26			1						1					1				1						1		
8	27			1						1					1				1					1			
8	28				1					1					1				1						1		



## PREGUNTA 5

Semestre	Consecutivo Encuestado	ESPACIO			MAQ. Y EQP			ERGONOMÍA			UBICACIÓN			CONDICIONES AMBIENTE			SEÑALIZACIÓN			SEGURIDAD ESTUDIANTES			SEGURIDAD MÁQUINAS			REGLAMENTO USO LABORATORIOS			CONOCIMIENTO DEL DOCENTE EN MANEJO DE MÁQ.		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
4	1		1			1			1			1		1			1			1			1				1				
7	2			1		1			1			1		1			1			1			1			1			1		
5	3		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
5	4																														
4	5																														
5	6		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
4	7																														
4	8																														
5	9																														
5	10		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
7	11			1		1			1			1		1			1			1			1			1			1		
7	12	1				1			1			1		1			1			1			1			1			1		
7	13			1		1			1			1		1			1			1			1			1			1		
7	14		1		1				1			1		1			1			1			1			1			1		
7	15		1		1				1			1		1			1			1			1			1			1		
7	16			1		1			1			1		1			1			1			1			1			1		
4	17		1		1				1			1		1			1			1			1			1			1		
7	18		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
7	19		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
7	20		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
7	21			1		1			1			1		1			1			1			1			1			1		
8	22		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
8	23		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
8	24		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
8	25		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
4	26			1	1				1			1	1			1			1			1			1				1		
8	27		1			1			1			1		1			1			1			1			1			1		
8	28			1		1			1			1		1			1			1			1			1			1		



**ANEXO H. REGISTRO FOTOGRÁFICO LABORATORIO DE FUNDICIÓN**



Entrada frontal Laboratorio de Fundición



Entrada desde vista lateral Laboratorio Fundición





Cuarto 2 esquina noroccidental



Cuarto 2 esquina nororiental



Cuarto 2 costado oriental



Cuarto 2 esquina suroriental



Cuarto 2 costado sur



Cuarto 2 esquina suroccidental



Cuarto 2 Entrada frontal



Cuarto 2 Entrada frontal 2



Entrada Principal Laboratorio Fundición vista desde adentro



Cuarto 1 Esquina suroccidental





Cuarto 1 costado sur



Cuarto esquina suroccidental



Cuarto 1 costado occidental



Cuarto 1 esquina noroccidental



Cuarto 1 costado norte



Cuarto 1 esquina nororiental





Cuarto 1 esquina suroriental



Vista general cuarto 1

## ANEXO I. COTIZACIÓN TECLINK LTDA



Soluciones y Equipos  
Tecnológicos para la  
Industria del Plástico

Bogotá, D.C., 31 de Enero de 2012

Señores:

**Universidad Libre**

Atn: Ing. Jorge René Silva Larrotta

Decano Facultad de Ingeniería

C-01300611

Ciudad

**REF: Cotización Implementación del laboratorio de procesos para materiales plásticos en Ingeniería Industrial de carácter multidisciplinario.**

En respuesta a su solicitud de cotización de la **Implementación del laboratorio de procesos para materiales plásticos en Ingeniería Industrial de carácter multidisciplinario** de características particulares definidas, diseñadas y establecidas por **Teclink Ltda** para la formación de los estudiantes en condiciones similares a los procesos industriales adaptadas al laboratorio, me permito presentarles nuestra mejor oferta:

### **Alcance de la propuesta:**

1. Suministro de los equipos de extrusión de película, una inyectora, una termo formadora, un túnel de termo encogido, una selladora, un molino y un aglutinador, instalación, puesta en operación.
2. Suministro de materiales requeridos para operación de las maquinas en las primeras prácticas de laboratorio.
3. Suministro de Equipos básicos de laboratorio para control de calidad.
4. Entrenamiento del personal técnico del laboratorio.
5. Suministro de guías del laboratorio según modelo anexo a la propuesta para cada uno de los procesos.
6. Suministro de manuales de mantenimiento y de operación.



Soluciones y Equipos  
Tecnológicos para la  
Industria del Plástico

**1. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS**

**Extrusora de película plástica**

**COMPOSICION DE LA LINEA**

- A. EXTRUSOR MP 35/30
- B. CABEZAL – TIPO CF2P/76
- C. ANILLO DE AIRE DL/FR76
- D. SISTEMA DE GUIA DE BURBUJA
- E. SISTEMA DE TIRO FIJO FH/400
- F. SISTEMA DE EMBOBINADO 2E/400
- G. SISTEMA ELECTRICO

**A. EXTRUSOR MP 35/30**

**CARACTERISTICAS TECNICAS:**

• Diámetro tornillo .....	35 mm
• Largo .....	30 D
• Velocidad máxima. ....	120 rpm.
• Potencia motor .....	3,75 kw
• Zonas recalentamiento .....	3 + 2
• Potencia térmica.....	10 KW
• Producción máxima.....	12Kg/h
• Consumo agua .....	0,3 m3/h
• Peso .....	600 kg



Soluciones y Equipos  
Tecnológicos para la  
Industria del Plástico

#### **COMPOSICION :**

- Base electro soldada montada sobre ruedas y patas de apoyo a altura regulable para nivelación.
- Motor de A.C. con variador de velocidad electrónico por frecuencia.
- Reductor de velocidad con engranajes a dientes helicoidales, templados y rectificadas.
- Zona de alimentación refrigerada por agua con buje acanalado en acero.
- Barril importado bimetálico, con placas de acople.
- Tornillo de extrusión importado de geometría moderna y con mezcladores adecuados a las materias primas especificadas.
- Ventiladores de refrigeración y dispersores para cada zona del barril.
- Sistema de visualización de presión y temperatura de fundido.
- **Cambiador de filtros** manual en acero tratado.

#### **B. CABEZAL – TIPO CF2P/76**

- Molde para procesamiento de polietileno de baja densidad y Polipropileno, de diámetro 76 mm
- Inserto para polietileno de alta densidad.
- Numero de las zonas de calefacción: 2
- El cabezal y los moldes se entregan **cromados**

**C. ANILLO DE AIRE DL/FR** Corona de enfriamiento de doble labio, para cabezal de 76 mm, con diámetro de 90 a 250 mm, completo con ventilador silenciado de 1,5 KW, variación de velocidad electrónica, tuberías flexibles y distribuidor. Se entrega un juego de anillos para procesamiento de polietileno de baja densidad y polipropileno, adicional a lo anterior platos para procesar polietileno de alta densidad.

**D. SISTEMA DE GUIA DE BURBUJA** Canastilla de guía y tableros de colapsado en madera, regulables mecánicamente.

#### **E. SISTEMA DE TIRO FIJO FH/400**

Estas secciones de tiro cuentan con 2 rodillos de colapsado, uno cromado y otro engomado (Caucho) que permite un ajuste a las condiciones de los diferentes materiales utilizados.

**CARACTERISTICAS TECNICAS**

- Base de apoyo rectangular con perfiles robustos en acero y escuadras de fijación a la torre de soporte.
- Calandra de tiro compuesta por un rodillo cromado accionado por motor A.C. con variación electrónica de velocidad y por un rodillo engomado con apertura y cierre por comando manual.(Opcional Neumático)
- Paneles de convergencia con guías de madera, con regulación manual del ángulo de convergencia, guías laterales de centrado.

<b>Sistema de tiro</b>	<b>Mod. FHR/1000</b>
Ancho útil	400 mm
Ancho tabla rodillos	450 mm
Velocidad max. de tiro	40 m/min.
Potencia motores	1 KW

**F. SISTEMA DE EMBOBINADO 2E/400**

El sistema de embobinado cuenta con dos estaciones de embobinado independientes y con sistema de control de tensión para la estación, con cambio de rollo manual, ejes con manzanas de ajuste para core de 76 mm.

**CARACTERISTICAS TECNICAS**

- Placas de apoyo en acero y escuadras de fijación para definir el paralelismo de las mismas.
- Rodillo de embobinado engomado, accionados por cadena de transmisión directa con motor A.C. con variación electrónica de velocidad, apertura y cierre por comando manual.
- Dos ejes para cambio de bobinas manual.

<b>Sistema de Embobinado</b>	<b>Mod. 1E/550</b>
Ancho útil	400 mm
Ancho de los rodillos	450 mm
Velocidad max. de embobinado	40 m/min.
Potencia motores	1 KW
Diámetro max. De las Bobinas	500 mm
Material Rodillos de Guía y transporte	Aluminio con ejes de acero



## **G. SISTEMA ELECTRICO**

El sistema eléctrico comprende el tablero de circuitos y el panel de control, cuenta con elementos de protección tanto eléctrica como mecánica para los elementos instalados y cumple con las normas específicas para este tipo de maquinaria, se cuenta con sistemas de paro de emergencia en los diferentes sistemas de la máquina.

### **CARACTERISTICAS TECNICAS**

- Consola externa de control con interruptores y potenciómetros para cada variador.
- Elementos de protección para cada zona de calefacción, conexión opcional para tratador y encendido general.
- Conexión trifásica con neutro y polo a tierra de 460V-60 Hz.
- Cuadro de conexiones debidamente numeradas y con regleta de conexiones para todos los sistemas.
- TODOS LOS VARIADORES DE VELOCIDAD SON MARCA SIEMENS.

## **INYECTORA**

Para la unidad de inyección se tienen dos posibilidades: La primera es la evaluación del equipo existente en la universidad y lograr un mantenimiento y modernización de tal forma que se pueda cumplir con los objetivos planteados, todo depende de los resultados que se obtengan después de la evaluación.

La segunda posibilidad, es la compra de un equipo nuevo adecuado a las características de lo que se plantea en el laboratorio, esto quiere decir que debemos solicitar al fabricante las características de diseño de la unidad de plastificación y de cierre para cumplir los objetivos, en este punto se puede tener una variación presupuestal del proyecto.

El equipo en términos generales debe tener una tecnología que sea moderna y que permita a los estudiantes una interacción con las variables del proceso, con los sistemas de producción y con los desarrollos de piezas inyectadas, permitiendo la generación de proyectos posteriores con diferentes materiales.

**teclink**

Soluciones Flexibles

Soluciones y Equipos  
Tecnológicos para la  
Industria del Plástico

Las características generales del equipo se presentan en el siguiente cuadro:

<b>Unidad de Cierre</b>				
Fuerza de cierre(KN) :		480		
Apertura máxima de molde(mm) :		240		
Capacidad entre barras(mm) :		314*270		
Máxima altura de molde(mm) :		300		
Mínima altura de molde(mm) :		90		
Recorrido del expulsor(mm) :		60		
Fuerza del expulsor(KN) :		25		
Cantidad de expulsores		1		
<b>Otros</b>		A	B	C
Máxima. presión de la bomba(Mpa)				
:			16	
Potencia del motor de la bomba(KW) :			7.5	
Potencia de la calefacción(KW) :			5.1	
Dimensiones de la máquina(m) :			3.3*1.3*1.46	
Peso de la máquina(T) :			2.2	

<b>Unidad de Inyección</b>		A	B
Diámetro del tornillo(mm) :		28	30
Relación(L/D) :		23.8	22.1
Volumen de inyección(cm3) :		83	95
Peso de inyección		75	85
Presión de inyección(MPA)		180	159
Velocidad de inyección(g/s) :		60	68
Capacidad de plastificación(g/s) :		7.1	8.0
Revoluciones del tornillo(r/min) :			200

## **TERMOFORMADORA**

El equipo de termo formado consta de una unidad compacta en la que se tiene un control general del ciclo de termo formado, una unidad de desbobinado de rollos, un horno de calentamiento con controles adecuados de temperatura, sistema neumático de movimiento del material hacia el molde, sistema de vacío aplicado al molde, y sistema de enfriamiento del producto. La estructura y los paneles de cobertura están debidamente acabados. La unidad está estrictamente diseñada para fines pedagógicos con el fin de poder caracterizar y conocer las variables del proceso.

Este equipo permite el desarrollo de empaques semirrígidos con diferentes materiales como PET, Poliestireno y Polipropileno.

## **TUNEL DE TERMOENCOGIDO**

Al igual que en el proceso de inyección se debe realizar un diagnóstico al equipo existente en el laboratorio actual y con estos resultados se propone una modernización y adecuación para que conste de los sistemas de control de velocidad de la banda, control de temperatura de termo encogimiento, sistema de avance, sistema eléctrico y horno calefactor. La estructura y los paneles de cobertura están debidamente acabados. El equipo se fabrica y se diseña con fines pedagógicos donde se pueden caracterizar y conocer las variables del proceso.

Este equipo permite el desarrollo de multiempaques para productos individuales o agrupados, las películas utilizadas en el proceso se fabrican en la extrusora del laboratorio.



## **TERMO SELLADORA**

Para este proceso se propone un equipo básico semiautomático donde los estudiantes realizarán prácticas que permiten el conocimiento de las variables del proceso, que son: Temperatura, presión y tiempo. Las características son diferentes según el tipo de material que se fabrica en la extrusora. El equipo consta de un sistema de cabezal de selle, un controlador de las diferentes variables y un bastidor general, la estructura y los paneles de cobertura están debidamente acabados. Este equipo se diseña y se fabrica con fines pedagógicos en donde se pueden caracterizar y conocer las variables del proceso.

Con este equipo se desarrollan pruebas de sellabilidad de cada material y de manera real se puede contar con modelos de empaque que son evaluados en condiciones muy aproximadas a las que ofrece la industria.

## **MOLINO DE GRUESOS**

Como parte del desarrollo de procesos de reciclado y recuperado de materiales se propone un molino para materiales gruesos, es decir los residuos de los procesos de inyección y termo formado, de esta forma se complementa también la incursión en la implementación y desarrollo de sistemas de cuidado ambiental. Este equipo consta de un sistema de movimiento para las cuchillas de corte con doble volante para incremento de la potencia, un juego de cuchillas de corte móviles y un juego de cuchillas de corte fijas, una criba para selección del tamaño de grano, tolvas de alimentación, sistemas de seguridad y tablero de control, la estructura y los paneles de cobertura están debidamente acabados.



Soluciones y Equipos  
Tecnológicos para la  
Industria del Plástico

El equipo está diseñado específicamente para fines pedagógicos lo cual permite caracterizar y conocer las variables del proceso, en este caso algunas como la velocidad de las cuchillas, y los tamaños de grano molido.

## **AGLUTINADOR DE PELICULAS**

Este equipo también hace parte de los procesos de recuperado de materiales en este caso de las películas plásticas que se utilizan en los empaques flexibles, la aplicación en el laboratorio es para recuperar parte de las películas fabricadas en la extrusora y materiales de estudio que se propongan como materiales de análisis e investigación, el equipo consta de un contenedor del material a recuperar, un sistema de transmisión de movimiento, un sistema de soporte o bastidor, un juego de cuchillas móviles, un juego de cuchillas fijas, y un sistema de control eléctrico. La estructura y los paneles de protección están debidamente acabados.

De igual forma está diseñado y fabricado para fines pedagógicos con el objeto de caracterizar y conocer las variables de proceso como son los ángulos de afilado de las cuchillas de corte, el tamaño de material cortado y la densidad aparente del material recuperado.

## **2. MATERIALES UTILIZADOS EN LAS PRIMERAS PRACTICAS DE LABORATORIO**

Estamos incluyendo en esta oferta el suministro de los materiales que se requieren para el desarrollo de las prácticas de laboratorio durante el primer semestre de operación, en caso de ser necesario estaremos acompañando en los procesos de compra para el siguiente semestre de operaciones del laboratorio.

Los materiales que proponemos son:

Para los procesos de transformación la presentación del material es en pellets y se compran bultos de 25 kilos de material, para los procesos de conversión de termo sellado y termo encogido es se entregaran materiales en rollos transformados en la extrusora del laboratorio, para el proceso de termo formado se entregan materiales en rollo fabricados en industrias locales, los tipos de materiales utilizados son los siguientes:

En Extrusión:

- Polietileno de Baja Densidad (LDPE)
- Polietileno Lineal de Baja Densidad (LLDPE)
- Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- Polietileno Lineal Metalocenico (mLLDPE)
- Polipropileno (PP)

En Inyección:

- Polietileno de Baja Densidad (LDPE)
- Polietileno Lineal de Baja Densidad (LLDPE)
- Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
- Polipropileno (PP)

En Termo Formado:

- Polietileno de Baja Densidad (LDPE)
- Poliestireno (PS)
- Polipropileno (PP)
- Poliéster (PET)
- Ácido Polilactico (PLA) material biodegradable

### **3. EQUIPOS BASICOS DE LABORATORIO DE CALIDAD**

En la implementación de este laboratorio también estamos ofertando un pequeño espacio necesario para el desarrollo de pruebas básicas de calidad de



Soluciones y Equipos  
Tecnológicos para la  
Industria del Plástico

Producto, en esta área se podrá analizar de manera muy básica los productos que se fabrican en los diferentes equipos y estará dotada con los equipos que permiten esta caracterización, los equipos propuestos para estas actividades son:

Bascula Analítica  
Calibrador de espesores  
Plantilla para toma de muestras  
Mesa de 800 X 2000 mm  
Regla de corte  
Instrumentos de corte  
Caja de luz  
Soluciones para ataque químico  
Calibrador pie de Rey  
Micrómetro de 0 a 25 mm  
Metro  
Vasos de precipitado  
Bureta  
Pantone  
Termómetro infrarrojo  
Horno de laboratorio

#### **4. ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL TECNICO DE LABORATORIO**

Es parte de esta propuesta el entrenamiento del personal técnico del laboratorio para el buen desarrollo de las practicas, el mantenimiento y la operación de los equipos, para este fin proponemos que se conforme un grupo de máximo 5 personas para recibir este entrenamiento, con simulación de las prácticas y con experiencias que permiten la interacción del personaje con los equipos, los materiales y los productos.



Soluciones y Equipos  
Tecnológicos para la  
Industria del Plástico

Las horas de capacitación como se puede observar en el anexo de la propuesta, son lo suficientemente amplias para poder alcanzar la destreza y familiaridad con los equipos. Estas horas se pueden programar de común acuerdo distribuidas semanalmente o mensualmente.

## **5. GUIAS DE LABORATORIO**

Tal como se entregó en la propuesta inicial, se entregaran guías de cada laboratorio a desarrollar con los estudiantes dentro del plan de prácticas propuesto, el modelo de estas guías nos muestra el desarrollo de la práctica, los elementos de seguridad que se deben utilizar, las reglas de seguridad que se deben seguir, el sistema de recolección de datos y los registros que se deben utilizar para que el estudiante pueda presentar un informe posterior a la práctica. Los documentos son debidamente relacionados y controlados por personal de **Teclink Ltda.** Y de la universidad.

Todos los documentos serán consecuentes con el sistema de gestión de calidad de la universidad.

## **6. MANUALES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN**

**Teclink Ltda.** Se compromete a la entrega de los manuales de mantenimiento de cada uno de los equipos que suministra y de la misma forma a la entrega de los manuales de operación de los mismos. Con esta información se pueden realizar los programas de mantenimiento para cada uno de los equipos y se tendrá claro la forma en que opera cada uno de ellos.

Con este tipo de manuales se establece también los términos de garantía de cada uno de los equipos.

**teclink**

Soluciones Flexibles

Soluciones y Equipos  
Tecnológicos para la  
Industria del Plástico

**VALOR DE LA IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO CON TODOS LOS EQUIPOS, DOCUMENTOS Y SERVICIOS DE ENTRENAMIENTO ANTERIORMENTE RELACIONADOS..... \$ 382.140.000,00 COP.**

**MAS IMPUESTOS.**

**Tareas y materiales no incluidos:**

- Obras civiles, fundaciones y tornillos expansibles
- Descarga, operación de desembalaje y colocación
- Medios para levantar y herramientas de uso normal.
- Cables eléctricos, acanaladuras, puesta a masa y conexiones eléctricas del cuadro principal al cuadro de la maquina
- Compresor de aire, deposito, y tubos transporte aire comprimido
- Tubos para transporte agua industrial
- Herramientas contra el fuego.
- Material para pruebas, productos químicos, aceite y lubricantes.
- Todo aquello no indicado expresamente.

**CONDICIONES DE VENTA:**

**Lugar de entrega: Laboratorio de la Universidad Libre de Colombia sede Bogotá D.C.**

**Embalaje: Excluido**

**Forma de pago:**

**60% A la firma del contrato de fabricación.**

**20% una vez se termine el montaje.**

**20% con la entrega del proyecto y con la factura**



**teclink**

Soluciones Flexibles

Soluciones y Equipos  
Tecnológicos para la  
Industria del Plástico

**VALOR DE LA IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO CON TODOS LOS EQUIPOS, DOCUMENTOS Y SERVICIOS DE ENTRENAMIENTO ANTERIORMENTE RELACIONADOS..... \$ 382.140.000,00 COP.**

**MAS IMPUESTOS.**

**Tareas y materiales no incluidos:**

- Obras civiles, fundaciones y tornillos expansibles
- Descarga, operación de desembalaje y colocación
- Medios para levantar y herramientas de uso normal.
- Cables eléctricos, acanaladuras, puesta a masa y conexiones eléctricas del cuadro principal al cuadro de la maquina
- Compresor de aire, deposito, y tubos transporte aire comprimido
- Tubos para transporte agua industrial
- Herramientas contra el fuego.
- Material para pruebas, productos químicos, aceite y lubricantes.
- Todo aquello no indicado expresamente.

**CONDICIONES DE VENTA:**

**Lugar de entrega: Laboratorio de la Universidad Libre de Colombia sede Bogotá D.C.**

**Embalaje: Excluido**

**Forma de pago:**

**60% A la firma del contrato de fabricación.**

**20% una vez se termine el montaje.**

**20% con la entrega del proyecto y con la factura**

**teclink**

Soluciones Flexibles

Soluciones y Equipos  
Tecnológicos para la  
Industria del Plástico

## **Responsabilidad**

**El vendedor no es responsable por los daños derivados, por ejemplo de falta de beneficios, falta de producción o eventuales daños patrimoniales.**

**Validez de la propuesta:** 30 días

Las características técnicas estipuladas por ustedes serán rigurosamente conservadas pero, considerando que debido a nuestros conocimientos y experiencia, algunas de ellas pueden ser mejoradas, éstas serán discutidas con ustedes en caso necesario y previa aprobación podrán ser implementadas pues, nuestro interés es brindarles el mejor producto con la relación costo /beneficio lo más baja posible.

Sin otro particular y en espera de un posible trato

Atentamente

**Ing. JOSE MAURICIO GOMEZ S.**


DIRECTOR GENERAL

TECLINK LTDA

BOGOTA - COLOMBIA



**ANEXO J. ENTREVISTA DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA**

<b>UNIVERSIDAD LIBRE</b> <b>Sede Bosque Popular</b> <b>Programa de Ingeniería</b> <b>Industrial</b> <b>Proyecto de Grado</b>	<b>ENTREVISTA NO</b> <b>ESTRUCTURADA</b>	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<b>Nombre entrevistado: Ingeniero René Silva Larrota</b>	
<b>Cargo entrevistado: Decano Facultad de Ingeniería</b>	
<b>Nombre entrevistador: Kelly Díaz Tejeda</b>	<b>Cargo: Estudiante de Ingeniería Industrial en Proyecto de Grado</b>
<b>Ciudad: Bogotá</b>	<b>Lugar: Universidad Libre – Sede Bosque Popular</b>
<b>Fecha: 05/03/2012</b>	<b>Hora: 19:00 p.m.</b>
<b>Objetivos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar la posición de la Universidad Libre frente al estado de los laboratorios de Ingeniería Industrial.</li> <li>- Conocer qué espera lograr la Universidad Libre con la reestructuración y mejora de estos laboratorios.</li> </ul>	

1. ¿Cuál es su opinión sobre la situación actual de los laboratorios del Programa de Ingeniería Industrial?

Se han hecho esfuerzos por modernizar los laboratorios de Ingeniería Industrial y en este momento contamos con una infraestructura moderna pero no suficiente. Es necesario trabajar el tema de procesos industriales y mejorar los laboratorios con el nuevo plan de estudios que se piensa plantear, se piensa lanzar para el 2013, de tal manera que es necesario

hacer inversiones fuertes en el área de optimización y en el área de procesos.

2. ¿Cuál es la necesidad inmediata que la Facultad de Ingeniería desea suplir con la reestructuración y mejora del Laboratorio de Procesos Industriales?

Bueno, son tres elementos fundamentales, de acuerdo con las características de la institución:

- En primer lugar la academia, para formar Ingenieros Industriales que tengan un perfil más hacia el área de producción, hacia el área de optimización y el tema de optimización de procesos.
- Por otro lado, el tema de investigación en el área de polímeros en conjunto con el programa de Ingeniería Industrial y el tema de reciclaje con el Programa de Ingeniería Ambiental.
- Y por último el tema de la extensión, a través del desarrollo de algunos procesos e incluso algunos moldes para la industria del plástico.

3. ¿Cómo contribuye a la formación y obtención de competencias en los estudiantes de Ingeniería Industrial el desarrollo de prácticas de laboratorio que integren distintas temáticas del programa?

Bueno, en primer lugar la Ingeniería es de carácter teórico-práctico, de tal manera que es necesario que en cualquier área de la Ingeniería se desarrollen prácticas especializadas. El hecho de poder integrar en un laboratorio diferentes asignaturas, le presenta al Ingeniero, al estudiante de Ingeniería una visión integral de lo que es la Ingeniería Industrial, de tal manera que él no va a trabajar temas de manera independiente, sin ningún tipo de consolidación, si no lo que va a desarrollar son prácticas de laboratorio que involucren toda la temática y toda la fundamentación básica de la Ingeniería, de tal manera que él no solamente va a dedicarse a un proceso particular, sino que también va a entender desde la

fundamentación del proceso la aplicación de las ciencias básicas en el proceso y por supuesto ya el proceso como tal; de tal manera que las competencias que va a desarrollar son de carácter integral y tienen que ver con el área argumentativa y propositiva.

4. ¿Cuál es la meta a largo plazo con respecto al uso y servicios del Laboratorio de Producción por parte de la Facultad de Ingeniería?

Bueno, lo ideal sería prestar servicios externos, como lo mencionaba en el caso de la extensión, no solo en el área de formación, sino principalmente en el área de desarrollo, tratar de establecer un grupo que de alguna manera haga consultoría especializada en la optimización de procesos.

5. ¿Actualmente el Laboratorio de Producción es usado como herramienta para desarrollar proyectos investigativos en el Programa de Ingeniería Industrial?

Bueno, en realidad no hemos podido desarrollar un proyecto de investigación consistente en el laboratorio de procesos porque no tenemos los equipos, en realidad hay equipos, pero no hay un proceso como tal, de tal manera que solo se pueden hacer algunas etapas de un proceso particular, pero no hay una conclusión definitiva. Bajo esa condición es difícil desarrollar un proyecto de investigación porque nos faltan los elementos en infraestructura necesarios para desarrollarlos. Por eso es que no hemos podido avanzar una investigación y la parte académica está floja en ese sentido también, porque simplemente tenemos algunos elementos que constituyen procesos, pero no hay una integralidad de un proceso como tal.






## ANEXO L. GUÍA DE LABORATORIO DE EXTRUSIÓN TECLINK

### GUIA DE LABORATORIO

#### INSTRUCTIVOS DE OPERACIÓN DE MÁQUINA

		Operación	Operación de maquina	CÓDIGO	
		Maquina	Extrusora	VERSIÓN	
		Responsable		FECHA DE EDICIÓN	
No.	OPERACIONES	QUE CONTROLA	COMO SE CONTROLA	FRECUENCIA	REGISTRO
1	Revisar programación de producción.	Programación de producción	Hoja de Producción	Inicio de pedido	H.P
2	Revisar el nivel de material en la torva, y si el caso abastecer es de material según la programación.	Cantidad de mezcla en la maquina	Visual	15 Minutos	N/A
3	Verificar los indicadores de temperatura, acorde con ficha técnica de máquina.	Estado plástico de la materia prima	Pirómetros	30 Minutos	N/A
4	Verificar y ajustar la velocidad del tonillo de extrusión, según ficha técnica de máquina.	Salida de material	Variador de Velocidad	1 Hora	N/A
5	Estabilizar y mantener atención a la burbuja producida por el material.	Ancho de Película	Registro de aire	5 Minutos	N/A
6	Verificar el ajuste y graduación del tren de embobinado.	Producción de película	Visual Tomillo de ajuste	30 Minutos	N/A
7	Verificar y controlar constantemente el sistema de enfriamiento por aire de la corona principal y las 3 coronas de salida de la película del molde.	Características de la película	Visual Ventilador de corona	5 Minutos	N/A
8	Revisar y controlar el tren de embobinado.	Distribución uniforme del espesor de la película	Tablero de operaciones del tren de embobinado	30 Minutos	N/A
9	Mantener y controlar la velocidad de los rodillos, para obtener el gramaje y espesor deseado, según hoja de producción.	Gramaje y espesor	Control de velocidad de rodillos embobinadores	10 Minutos	N/A
10	Tomar muestras de 1 metro de longitud para verificar y controlar espesor de película. Colocar indicador en el punto de corte	Especificaciones de la película	Pruebas de calidad	Mitad y Final de cada rollo	CC. Inf. Calidad
11	Alternar el uso de los rodillos de embobinado, para reducir el desperdicio de material por fallas, errores, cambios de rollos o cambios de referencia.	Eficiencia del embobinador	Visual	Cada cambio de rollo. Fallas	N/A
12	Pesar los rollos en la balcula para determinar peso de los mismos y registrarlos	Peso de rollos	Bascula	Rollo	Rep. Diario H.P.
13	Permanecer en constante atención, ante cualquier eventualidad o cambio en el proceso.	Proceso	Visual	Constantemente	N/A

#### Elementos de seguridad industrial necesarios para el proceso:



Fecha:	
Elaboro:	
Docente encargado:	

## Guía de Laboratorio Extrusión

*En el presente documento se elaboro la Guía de Laboratorio para la Máquina Extrusora de Películas de Polietileno. La finalidad es conocer y aplicar los procedimientos básicos de uso y cuidado para dar un soporte técnico en el proceso presentando consejos al operario o estudiante para una buena práctica de limpieza y mantenimiento del equipo; con el fin de mostrar de forma didáctica el manejo correcto del equipo, la calibración, puesta a punto de diversos parámetros, permitiendo así de entender la forma en que es transformado.*

### Objetivos

- Conocer y aplicar el procedimiento para la transformación de polímeros mediante la extrusión.
- Caracterizar el equipo de extrusión
- Conocer las variables del proceso de extrusión

### Materias primas

A partir de un monómero dado, una gran variedad de polímeros se pueden obtener químicamente. La primera serie de variables estructurales que pueden ser alteradas por cambios en las condiciones de polimerización son el peso molecular, la densidad de reticulación y el grado de ramificación; las cuales son de mucha importancia en la conformación de los polímeros, teniendo cierta influencia en la transformación de los mismos. En la tabla 1 se muestra los diferentes tipos de polímeros existentes.

Poliestireno
Polivinilcloruro
Polipropileno
Policarbonato
Polietileno Alta densidad
Polietileno Baja densidad

Tabla 1. Polímeros más comunes

A continuación se describirá el polímero más utilizado en la fabricación de fundas. Polietileno. El PE es químicamente el polímero más simple, se representa con su unidad repetitiva  $(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$ , es químicamente inerte, se obtiene de la polimerización del etileno (de fórmula química  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  y llamado eteno por la IUPAC), del que deriva su nombre. Pertenecen a la familia de las poliolefinas, que provienen de los hidrocarburos simples, los productos hechos de polietileno van desde materiales de construcción y aislantes eléctricos hasta material de empaque.

Existen varios tipos de PE, los cuales se utilizan también en la fabricación de fundas; entre ellos tenemos: Polietileno de baja densidad, Polietileno de alta densidad, Polietileno de baja densidad lineal, Polietileno de peso molecular ultra alto; la diferencia entre ellos es la forma en la que se obtiene

cada uno. Las aplicaciones en las que pueden usarse estos materiales son numerosas, para cada tipo. Con el PEBD, se puede fabricar bolsas de todo tipo, películas para la Agroindustria, Stretch film, etc. El PEAD, es usado para elaborar envases, bolsas para supermercados, envases para pinturas, entre otras.

### Cálculo de mezclas

A la hora de diseñar una mezcla se suelen cumplir ciertos pasos, sea de manera formal o de forma intuitiva y casi inconsciente. Si se sigue una secuencia formal y se documenta, es posible lograr optimizaciones desde un principio, lo cual redundará en menores costos y/o mejor desempeño.

Se presenta una serie de etapas a considerar:

1. Seleccione las resinas candidatas de acuerdo con las propiedades deseadas, incluyendo el costo de las mismas.
2. Tabule las ventajas y desventajas de cada resina. Esto permitirá identificar alternativas.
3. Elija combinaciones de resinas que muestren potencial para cumplir con los requisitos de la mezcla. En esta etapa, no se preocupe demasiado de las condiciones de operación, emplee condiciones estándar.

### Operación y encendido

El encendido y la operación de esta máquina no suele ser tan complicada si se siguen los lineamientos requeridos. Primero se debe encender el breaker principal, luego se enciende la máquina desde el panel de control; al principio todos los indicadores marcan cero, si no es así debe revisarse cada uno de ellos.

Lo primero que se debe hacer es revisar la máquina en su totalidad, para verificar que no exista problema alguno que pueda detener el proceso para elaborar las películas, luego se encienden las resistencias ubicadas alrededor del husillo y en algunas partes del dado, para calentar la máquina, este proceso demora por lo general dos horas, en las cuales la temperatura se eleva gradualmente, hasta llegar al límite deseado con el cual se logra fundir el plástico.

Habiendo culminado la preparación de la máquina, se llena la tolva con la nueva mezcla, luego se enciende el motor que



mueve el husillo, a medida que la mezcla avanza se funde.

Entonces, la masa fundida se moverá a través del husillo, el plato rompedor, la malla, hasta llegar al dado, donde adquiere la forma final, el producto inicial debe ser retirado, porque puede estar sucio o combinado con la nueva mezcla. Antes de elevar el globo, se coloca una cuerda o una película de desperdicio, la cual se pasa por los rodillos, para guiar la película extruida hasta los rodillos bobinadores.

Se una la guía con la película que sale del dado, luego de unos segundos se introduce aire a presión para crear el globo, y se enciende el Blower para enfriar el exterior del mismo. Desde los rodillos bobinadores, se jala la guía junto a la película hasta que llegue a dichos rodillos, continuando con el proceso hasta que la película parezca uniforme, se corta y se la hace pasar por los rodillos bobinadores.

Luego de esto, se comienza a modificar las características de la película hasta que llegue a la forma deseada, variando velocidades en los rodillos de tiro, utilizando los tornillos centradores en el dado, etc.

**Elaboración de películas de polietileno.** El objetivo de esta guía es elaborar películas de polietileno usando la máquina extrusora y su respectivo herramental, fundamentando el manejo correcto y la puesta a punto de diferentes parámetros que permitan reducir tiempos muertos.

Se pretende que el estudiante u operario, conozca las partes que componen la máquina extrusora; los parámetros fundamentales del proceso de extrusión en relación con el material, la máquina y el producto; calibrar el perfil de temperatura longitudinal del husillo de la extrusora.

**Práctica 1.** Se muestra un procedimiento gráfico para facilitar la comprensión de la práctica, el objetivo es elaborar películas de polietileno.



Figura 1. Encender los controladores del Panel

Llenar la tolva:

Luego los gránulos pasarán por el husillo que debe estar a alta temperatura, dependiendo de qué materia prima se esté usando, las imágenes mostradas a continuación son de PEBD.

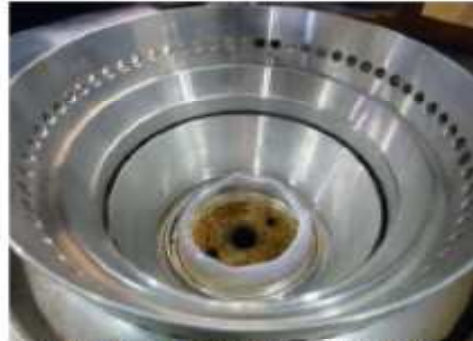


Figura 2. Película preformada saliendo del dado



Figura 3. Limpiando boquilla del dado

Este proceso se repite algunas veces, hasta observar consistencia en la película, para finalmente unir la con una guía que la lleve hasta los rodillos de tiro.



Figura 4. Unión película preformada con la película guía.





**Figura 5. Globo formado**  
El globo se forma usando aire a presión y aire para enfriamiento del blower.



**Figura 6. Globo entrando a todo guía**



**Figura 7. Rodillos de tiro convirtiendo globo en Película**



**Figura 18. Sistema de rodillos tensores y auxiliares**

Finalmente la película llega a los rodillos bobinadores.



**Figura 9. Sistema de rodillos bobinadores**

En este punto se puede terminar de calibrar la película para obtener el resultado deseado, si debe ser ancha y de poco espesor, se deberá aumentar la velocidad de los rodillos de tiro proporcionalmente a la del motor del husillo, etc.

#### Conclusiones y Recomendaciones

- 
- 
- El estudiante u operario, debe conocer en su totalidad todos los componentes de la máquina extrusora Venus, además del funcionamiento y la importancia que tiene cada uno en el proceso de fabricación; de no ser así, cuando alguna falla se presente, se perderá tiempo en buscar su origen.
- Antes de comenzar la operación de la máquina y el proceso de producción, se debe revisar todo el conjunto, para verificar que no existan problemas que puedan interrumpir la práctica; en caso de existir alguno se debe tomar las medidas necesarias para su solución inmediata. No olvidar que el precalentamiento de la máquina debe durar como mínimo una hora y media, dependiendo de la temperatura de operación.

**ANEXO M. ESTUDIO FINANCIERO PROYECTO LABORATORIO PLÁSTICO**

(Ver archivo de excel adjunto)