



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA RECICLADORA DE
PLÁSTICOS AGRÍCOLAS”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA:
CHRISTIAN AXEL DELGADO LÓPEZ**



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX. 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA
VOCAL: MARÍA RAFAELA GUTIERREZ LARA
SECRETARIO: LUZ MARÍA LAZCANO ARRIOLA
1° SUPLENTE: JOSÉ AGUSTÍN GARCÍA REYNOSO
2° SUPLENTE: ALEJANDRA MENDOZA CAMPOS

**DESARROLLADA EN UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGA), EDIFICIO A LABORATORIO D
FACULTAD DE QUÍMICA EN CU.**

ASESOR DEL TEMA:

Dra. IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA

SUPERVISOR TÉCNICO:

Dr. GILBERTO GOMEZ PRIEGO

SUSTENTANTE:

CHRISTIAN AXEL DELGADO LÓPEZ

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
I. OBJETIVOS DEL PROYECTO	2
I.1. Objetivo general.....	2
I.2. Objetivos específicos.....	2
II. ANTECEDENTES	3
II.1. Justificación del proyecto.....	4
II.1.1. Importancia del reciclaje de agroplásticos.....	4
II.2. Agroplásticos de mayor uso en México.....	8
II.3. Localización de plantas recicladoras de plásticos agrícolas en México.....	9
III. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	11
III.1. Estudio general del mercado.....	11
III.2. Localización de la planta.....	13
III.2.1. Localización exacta	16
III.2.2. Condiciones climatológicas.....	17
III.3. Estudio de factibilidad.....	17
IV. BASES DE DISEÑO	22
IV.1. Propuesta del diseño de una planta recicladora de plásticos agrícolas.....	22
IV.2. Objetivos de la planta recicladora de plásticos agrícolas.....	22
IV.3. Balance de materia.....	23
IV.4. Función de la planta recicladora de plásticos agrícolas.....	24
IV.5. Capacidad, factor de servicio y flexibilidad de la planta.....	24
IV.5.1. Capacidad	24
IV.5.2. Factor de servicio	25
IV.5.3. Flexibilidad de operación bajo condiciones normales	25
IV.6. Especificaciones de producción.....	25
IV.6.1. Propiedades físicas del producto.....	25
IV.7. Agentes químicos requeridos.....	26
IV.7.1. Agentes químicos durante el proceso de lavado	26
IV.7.2. Agentes químicos usados como aditivos.	27
IV.8. Normatividad (seguridad, licencias de operación y descarga de efluentes).....	31

IV.9.	Instalaciones requeridas de almacenamiento.....	35
IV.9.1.	Almacenamiento Temporal del Agricultor.....	35
IV.9.2.	Centros de Acopio Temporal o Puestos de Recolección Temporal.....	35
IV.9.3.	Comprobación.....	35
IV.9.4.	Centros de Acopio Final.....	36
IV.9.5.	Maquinaria.....	36
IV.9.6.	Transporte de los desechos plásticos.....	36
IV.10.	Servicios auxiliares.....	36
IV.11.	Ubicación geográfica de los centros de acopio en México.....	37
IV.11.1.	Centros de acopio de envases agroquímicos en México.	37
IV.11.2.	Centros de acopio de plásticos agrícolas en general en México.	38
V.	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL RECICLAJE DE AGROPLÁSTICOS.	41
VI.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	42
VI.1.	Separación y clasificación.....	42
VI.2.	Molienda.....	42
VI.3.	Lavado.....	44
VI.4.	Secado.....	44
VI.5.	Aplicación de aditivos.....	45
VI.6.	Extrusión.....	45
VI.7.	Peletizado.....	46
VII.	CRITERIOS DE DISEÑO DE LA PLANTA.....	47
VII.1.	Criterios en la alimentación.....	47
VII.2.	Criterios de operación de la planta.....	48
VII.3.	Criterios generales del establecimiento.....	48
VII.4.	Reglas Heurísticas.....	49
VII.5.	Previsión de ampliaciones futuras.....	52
VIII.	BENEFICIOS ESPERADOS	53
VIII.1.	Ambientales.....	53
VIII.2.	Tecnológicos y Económicos.....	53
IX.	HOJAS DE DATOS DE LOS EQUIPOS.	54
X.	DIAGRAMA DE SERVICIOS AUXILIARES.	54
XI.	DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN.....	54

XII. PLOT PLAN. 54

XIII. DIAGRAMA DE DESFOGUES. 54

XIV. CONSIDERACIONES GENERALES DE SEGURIDAD OPERACIONAL..... 55

XV. SEGURIDAD EN INSTALACIONES..... 56

RESULTADOS Y DISCUSIÓN61

CONCLUSIONES..... 61

RECOMENDACIONES. 62

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRONICAS. 63

ANEXOS

ANEXO I..... 66

ANEXO II. Hojas de datos de los equipos..... 67

ANEXO III..... 71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1. Estudio de la generación de agroplásticos por CIQA (2008-2010).....	7
Tabla II.2. Tipos de agroplásticos generados en México.....	8
Tabla II.3. Empresas activas en el reciclaje de agroplásticos.....	9
Tabla III.1. Desechos plásticos generados en el estado de Jalisco por uso agrícola.....	12
Tabla III.2.1. Tabla comparativa por entidad federativa de la actividad agropecuaria y uso del suelo por unidad de producción.....	14
Tabla III.2.2. Lugares factibles para la ubicación del parque industrial para la planta recicladora de agroplásticos.....	15
Tabla III.3.1. Precio del plástico para reciclar en el transcurso del año 2013, según RECIMEX.....	17
Tabla III.3.2. Costo de equipos y total de inversión fija.....	18
Tabla III.3.3. Costo de los servicios auxiliares por día de operación.....	19
Tabla III.3.4. Costo del capital humano por día y mes de operación.....	19
Tabla III.3.5. Estudio económico de factibilidad.....	20
Tabla III.3.6. Análisis de precio y costo anualmente.....	20
Tabla IV.3.1. Balance de materia del flujo de plástico a lo largo del proceso.....	23
Tabla IV.3.2. Balance de materia (flujo de la solución de sosa y agua de enjuagado).....	24
Tabla IV.5.1. Capacidad de la planta.....	24
Tabla IV.6. Proyecciones de la producción de la planta recicladora.....	25
Tabla IV.6.1. Propiedades físicas del producto.....	25
Tabla IV.7.1. Propiedades físicas y termodinámicas de la sosa cáustica.....	26
Tabla IV.7.2. Tipos de aditivos para plásticos.....	27
Tabla IV.7.3. Composición química de los agroplásticos más usados en Europa.....	29
Tabla IV.7.4. Propiedades físicas y termodinámicas del aditivo.....	30
Tabla IV.8.1. Seguridad.....	31
Tabla IV.8.2. Indicaciones de descargas.....	32
Tabla IV.8.3. Licencias y permisos de operación.....	33
Tabla VII.4.1. Requisitos generales para especificaciones estándar de tuberías de acero al carbón y aleaciones.....	51
Tabla VII.4.2. Propiedades y especificaciones de tubería cédula 40 (ASTM A53).....	52

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura II.1. Valle de San Quintín, Baja California Norte.....	3
Figura II.2. Aplicaciones de los agroplásticos.....	6
Gráfico III.1. Proyección de la producción de agroplásticos en México.....	13
Figura III.2.1. Imagen satelital de la ubicación exacta donde se considera colocar la planta.....	16
Figura V. Diagrama de flujo de procesos del reciclaje de agroplásticos.....	41
Figura VI.2.1. Proceso de molienda.....	43
Figura VI.2.2. Equipo de molienda, molino (MO-01).....	43
Figura VI.4.1. Proceso de lavado y secado.....	44
Figura VI.4.2. El proceso de lavado y secado están en un mismo equipo (LYS-01).....	45
Figura VI.6. Proceso de extrusión.....	46
Figura VI.7. Peletizado, el scrap pasa a extruido para salir en forma de “fideos” que son cortados en pellets...	47

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa II.3. Localización de las plantas recicladoras de plásticos agrícolas activas en México.....	10
Mapa IV.11.1. Centros de acopio actuales de recipientes de agroquímicos en México.....	37
Mapas IV.11.2.1. Centros de Acopio Temporal y Final respectivamente en Baja California.....	38
Mapas IV.11.2.2. Centros de Acopio Temporal y Final respectivamente en B. California Sur.....	38
Mapas IV.11.2.3. Centros de Acopio Temporal y Final respectivamente en Edo. Méx.....	39
Mapas IV.11.2.4. Centros de Acopio Temporal y Final respectivamente en Guanajuato.....	39
Mapas IV.11.2.5. Centros de Acopio Temporal y Final respectivamente en Jalisco.....	40
Mapas IV.11.2.6. Centros de Acopio Temporal y Final en Sinaloa.....	40

INTRODUCCIÓN

Se le llama *agricultura* a la labranza o cultivo de la tierra que incluye todos los trabajos relacionados al tratamiento del suelo y a la plantación de vegetales. Dicha actividad está destinada a la producción de alimentos y a la obtención de frutas, verduras, hortalizas y cereales. Sin embargo, la agricultura implicará la transformación del medio ambiente en orden de satisfacer las necesidades de alimento del ser humano, involucrando el desarrollo de sus técnicas para lograr el objetivo, una de ellas es la *agricultura protegida*.

En este trabajo se plantean en nuestro primer capítulo los objetivos generales y particulares para la propuesta de una planta recicladora de los plásticos agrícolas generados en el país, la cual fue desarrollada en colaboración de la empresa Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas de México A.C. (ARPAM).

En el segundo capítulo, se aborda el concepto de nueva técnica de agricultura llamada *agricultura protegida*, su desarrollo, beneficios para los agricultores y cultivos y desventajas que presenta. En el capítulo tres se explica la metodología del trabajo donde se realizó un estudio general de mercado para la planta propuesta.

A partir de los dos siguientes capítulos, se aborda la ingeniería del proyecto, las bases de diseño, la capacidad y operación de la planta, balance de materia, las especificaciones de producción y propiedades fisicoquímicas del producto final, etc.

En el sexto y séptimo capítulo se detalla el proceso de reciclaje de los agroplásticos desde su llegada a la planta hasta su salida, describiendo las etapas más importantes como son la inspección de la materia prima a su entrada, la molienda del material, lavado y secado, adición de aditivos y extruido o peletizado y los criterios de diseño de la planta. Así mismo se resume la retribución ambiental inmediata si se pone en práctica el reciclaje de estos agroplásticos y la reducción de la contaminación y generación de gases de efecto invernadero y los beneficios económicos de esta propuesta.

Finalmente en los últimos capítulos abordamos todas las normas vigentes requeridas en materia de seguridad operacional y en las instalaciones, complementándose con tres anexos en los cuales se encuentran las tablas de identificación de códigos SPI de los plásticos reciclables, las hojas de datos de los equipos requeridos para el proceso de reciclaje donde se presentan todos los datos técnicos, de capacidad y dimensiones de cada equipo y el último anexo el plano de servicios auxiliares, diagrama de tubería e instrumentación (DTI) y el Plot Plan.

Todo el trabajo esta soportado con información reportada en la literatura la cual se enlista en la bibliografía.

I. OBJETIVOS DEL PROYECTO

I.1. Objetivo general

Desarrollar el diseño de un planta recicladora para plásticos agrícolas de diferentes tipos de aplicación como una opción de reducción de la contaminación visual y ambiental en zonas agrícolas del país.

I.2. Objetivos específicos

- Propuesta de diseño de la planta recicladora.
- Diseño de la ingeniería del proyecto
- Breve estudio de factibilidad económico.
- Evaluar viabilidad económica.

II. ANTECEDENTES

La agricultura en nuestro país ha venido incorporando nuevas técnicas de riego y de cultivo con el fin de aumentar la producción e insertarse en nuevos esquemas de cultivo. Una de estas tecnologías incluye la utilización de plásticos en diferentes formas, y en los últimos años su uso ha tenido un crecimiento sorprendente de más del 20% anual. La agricultura protegida es aquella que se realiza bajo estructuras de protección que ayudan a ejercer determinado grado de control sobre los diversos factores del ambiente, permitiendo con ello minimizar los impactos que las condiciones climáticas adversas y las plagas ocasionan en los cultivos¹.

Actualmente en México la superficie ocupada de agricultura protegida es de 20,000 Ha². El plástico ha sustituido al cristal en los invernaderos; las ventajas principales de su uso son: aumentar las temporadas de cultivo, mayor rendimiento, calidad superior de las cosechas, menor tiempo de producción, mejor control de plagas, reducción en el empleo de agroquímicos y optimización del consumo de agua. Esto ha permitido un aumento en la productividad y una mejora en los sistemas de cultivo, sin embargo ha creado el problema de residuos sólidos derivados del uso de estos plásticos. Una práctica común ha sido quemarlos a cielo abierto o enterrarlos una vez que cumplen su ciclo de productividad y aplicación. Su quema indiscriminada presenta un inconveniente con los aditivos que acompañan a estos plásticos y que, su combustión sin control, generan serios problemas de contaminación atmosférica.

El abandono de agroplásticos en el campo y su acumulación producirá también la contaminación de los suelos agrícolas y un impacto paisajístico y visual (*Figura II.1.*). Todo esto contribuye a aumentar la mala imagen que tiene el plástico como “agresor” del ambiente, haciendo evidente la urgente necesidad de desarrollar una infraestructura y estrategia integral para el manejo y reaprovechamiento de estos residuos.



Figura II.1. Valle de San Quintín, Baja California Norte.²

¹ SAGARPA, *Agricultura protegida 2012*, (consulta: marzo 2015). <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-Protegida2012.aspx>.

²SEMARNAT, Lic. Luis Alberto López Carbajal; *Simposio Internacional de Residuos: Perspectiva y Gestión del Sector Primario en México (2008-2012) “Los residuos de la producción primaria (agropecuarios y pesqueros)”*; (consulta: marzo 2015), <http://bit.ly/1jFKreN>.

II.1. Justificación del proyecto.

II.1.1. Importancia del reciclaje de agroplásticos. Porque no incinerarlos o abandonarlos.

La *agroplasticultura*³ está identificada como una estrategia de adaptación al cambio climático en la agricultura, por lo que existen programas públicos institucionales que apoyan las técnicas productivas con agroplásticos. Las principales ventajas del uso de agroplásticos son: ahorro de agua, incremento en la producción total, protección de contingencias meteorológicas, además de un control de plagas, enfermedades y malezas, sin embargo, los residuos generados son abandonados a la intemperie en los campos de cultivo y barrancas, desechados a cielo abierto en tiraderos clandestinos y en el mejor de los casos en rellenos sanitarios.

La Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2013 clasifica como residuos de manejo especial a aquellos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades. El listado de residuos de manejo especial de esta norma sujetos a plan de manejo, en su Anexo Normativo, inciso dos, establece que se consideran residuos de manejo especial “Los residuos agroplásticos generados por las actividades intensivas, agrícolas, silvícolas y forestales”⁴.

Por otro lado, el 90% de los agricultores utiliza agroquímicos (insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, nematocidas y rodenticidas) en el país. Desde el 2006 la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) aplica el proyecto institucional “Reducción a la exposición laboral por el uso de plaguicidas” y promueve la correcta gestión de los envases vacíos. A partir de 2009, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) estableció el Programa Nacional de Recolección de Envases Vacíos otorgando hasta el 40 % del monto de un proyecto para la gestión de envases vacíos de agroquímicos enfocados a propiciar el desarrollo de infraestructura y equipamiento para su manejo adecuado, lo que ha dado un fuerte impulso al desarrollo de centros de acopio primarios y temporales, sin embargo el proyecto abarca solo la disposición de envases de agroquímicos y no contempla el acopio de plásticos utilizados en la agricultura protegida.⁵

³ Nombre que recibe la utilización de plásticos en la agricultura con muy diversos fines, como lo son proteger y dar soporte a los cultivos, mediante los cuales se puede hacer frente al cambiante clima que afecta a muchos productos hortícolas.

⁴ Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2013.

⁵ SEMARNAT, Lic. Luis Alberto López Carbajal; *Simposio Internacional de Residuos: Perspectiva y Gestión del Sector Primario en México (2008-2012) “Los residuos de la producción primaria (agropecuarios y pesqueros)”*; (consulta: marzo 2015), <http://bit.ly/1jFKreN>.

“Muy particularmente, los plásticos agrícolas se queman fácilmente, pero de forma incompleta, en un escenario de quema a cielo abierto. La combustión incompleta puede dar lugar a la liberación de materia en partículas como monóxido de carbono y dióxido de azufre, así como muchos otros contaminantes del aire. Además, subproductos peligrosos pueden estar presentes en la ceniza residual y las emisiones en el aire en forma de metales pesados, dioxinas y furanos. Las emisiones de mayor preocupación durante la quema al aire libre de los plásticos agrícolas son, probablemente, las dioxinas y los furanos, que se forman sobre todo en los casos de las temperaturas de combustión bajas, tales como los asociados con quema a cielo abierto. (Andreasen and Fitz, 2006; Sonnevera International Corporation, 2011). Las dioxinas y los furanos son un problema para la salud, incluso en muy pequeñas cantidades, y se asocian con alteraciones endocrinas, enfermedades del corazón y discapacidades cognitivas y motoras, además de ser un carcinógeno humano conocido (Sonnevera International Corporation, 2011).

Los seres humanos pueden estar expuestos a las dioxinas directamente por la inhalación o a través de la piel, o por medio de plantas o carne, ya que se concentran en la grasa animal. Esto sugiere que la quema de plásticos agrícolas y la generación de dioxinas asociada, es especialmente preocupante, ya que esta práctica ocurre en o cerca de las tierras agrícolas activas. Además, la mayor parte de la ingesta de dioxinas por los seres humanos proviene de fuentes alimenticias, las emisiones de dioxinas provenientes de la quema de plásticos agrícolas tienen el potencial de afectar a la población cuando aterrizan en cultivos y se concentran en los cuerpos de los animales de granja. Es característico que la quema de 4,536 Kg de plástico agrícola tiene el potencial de contaminar 75,000 Kg de suelo expuesto a las dioxinas, con base en Directrices de Calidad de Suelo Canadiense (Sonnevera International Corporation, 2011).

Otro grupo de contaminantes de interés emitido por la quema de residuos plásticos agrícolas son los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP o PAH, siglas en inglés). Los HAP son considerados contaminantes que tienen un efecto potencial extendido sobre el medio ambiente (Mumtaz y George, 1995; Sonnevera International Corporation, 2011). Las consecuencias del abandono de los residuos plásticos agrícolas en los campos y rellenos son la contaminación estética y la degradación del paisaje de las regiones de belleza natural y zonas turísticas, las amenazas a los animales domésticos y salvajes, el bloqueo del flujo de agua a través de canales de agua o la contaminación del mar y la sobrecarga de rellenos sanitarios con un impacto ambiental y económico inmediato. Muchos de estos fragmentos de plástico degradados terminan en el mar, contaminando el agua de mar y amenazando a los organismos marinos.”⁶

⁶ Demetres Briassoulis, et al; Review, mapping and analysis of the agricultural plastic waste generation and consolidation in Europe; Waste, management and research, 2013; tel. 31(12) 1262 –1278; Pág. 3 de 17.

Los plásticos agrícolas utilizados en la agricultura protegida son los materiales tipo película de invernadero, mallas, acolchados, macrotunel, microtunel, rafias, etc. Para el año 2006, se calculaba que a nivel nacional existían más de 200,000 hectáreas con uso de técnicas relacionadas que implican al plástico como insumo⁷.

En la *Figura II.2* se identifican varias imágenes donde se aprecian las aplicaciones más comunes en la agroplasticultura:



*Figura II.2. Aplicaciones de los agroplásticos.*⁸

⁷ SEMARNAT, Lic. Luis Alberto López Carbajal; *Simposio Internacional de Residuos: Perspectiva y Gestión del Sector Primario en México (2008-2012) "Los residuos de la producción primaria (agropecuarios y pesqueros)"*; (consulta: marzo 2015), <http://bit.ly/1jFKreN>.

⁸ Ibidem.

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con el apoyo del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), realizó un diagnóstico en once estados en torno a la generación de residuos de agroplásticos⁹, se presenta en la *Tabla II.1*:

Tabla II.1. Estudio de la generación de agroplásticos por CIQA (2008-2010). Las cifras marcadas se utilizarán como base para la localización de la planta.

Estado	Superficie con Agricultura Protegida (ha)	Residuos plásticos generados/año (Ton)
Jalisco	12,034	5,155.6
Baja California	34,200	13,108.4
Baja California Sur	10,570	4,434.2
Guanajuato	805.5	2,091.43
Estado de México	2,765	3,066.9
Sinaloa	31,480	10,513.6
Chiapas	1,713.36	3,604.35
Michoacán	7,217.39	4,541.02
Puebla	491.65	582.39
Sonora	2,233.35	1,135.66
Zacatecas	1,992.85	1,424.08
TOTAL	94,933.6	49,657.63

Aunque el estudio abarca varios años, refleja la magnitud del problema, sobre todo si se considera que el uso de agroplásticos ha aumentado considerablemente.

⁹ SEMARNAT, Lic. Luis Alberto López Carbajal; *Simposio Internacional de Residuos: Perspectiva y Gestión del Sector Primario en México (2008-2012) "Los residuos de la producción primaria (agropecuarios y pesqueros)"*; (consulta: marzo 2015), <http://bit.ly/1jFKreN>.

II.2. Agroplásticos de mayor uso en México

En el año 2013 nuestro país se desechó un aproximado de 280 mil toneladas de agroplásticos y actualmente solo existen 13 empresas recicladoras específicas, entre todas estas apenas reciclan 28,000 toneladas, es decir, sólo el 10% del total de residuos¹⁰. El resto acaba en tiraderos o se quema. Algunos de los plásticos de mayor uso que son desechados en México por la agricultura protegida se presentan en la *Tabla II.2*, así mismo se presentan las cantidades aproximadas anuales:

Tabla II.2. Tipos de agroplásticos generados en México.

Material	Toneladas
Plástico invernadero, túnel, macro túnel y acolchado	180,000
Plásticos importados	65,000
Tubo bananero	20,000
Mallas	8,000
Charolas hortícolas	4,000
Envases vacíos	3,000
TOTAL DE DESECHOS	280,000

¹⁰ Gilberto Gómez Priego, Rodolfo Arellano Bonilla; *Plan de Manejo Integral de Plásticos para la Agricultura*, Plan e-book de Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas Mexicanos (ARPAM), México 2014, p. 5.

II.3. Localización de plantas recicladoras de plásticos agrícolas existentes actualmente en México.

En la *Tabla II.3.* se presentan los datos de las 13 empresas activas en el reciclaje de agroplásticos con el nombre que están registradas, dirección completa y contacto del representante.

Tabla II.3. Empresas activas en el reciclaje de agroplásticos.¹¹

	Empresa	Localización	Contacto
1	Reciclados y Servicios del Noroeste, S.A. de C.V. Reynosa	Carretera Ribereña Km 24, Estación Arguelles, Reynosa Tamps. 88850	recicladosyserviciosgerencia@gmail.com
2	Recicladora Campo Limpio	Tepic 1330, Col. Mezquital Country, Guadalajara, Jal. 44260	grupopiepla@prodigy.net.mx
3	Recicladora de Plástico de Celaya, S.A. de C.V.	Av. El Vergel 8, Col. Industrial El Vergel, Celaya, Gto. 38110	maryfer_sj87@hotmail.com; guevara_m_mmo@prodigy.net.mx
4	Campo Limpio Amocali, A.C.	Insurgentes Sur 1768, 3er. piso, Col. Florida, México, D.F. 01030	abetancourt@campolimpio.org.mx; asalazar@campolimpio.org.mx
5	Prestadores de Servicios Ecológicos, S.A. de C.V.	Adolfo López Mateos 92, Col. Sta. María la Rivera, Puebla, Pue. 72010	javier@serviciosecologicos.com.mx
6	Grupo Ibanava, S.A. de C.V.	Andres Quintana Roo 273, Col. Las Palmas, Tecomán Col. 28180	ibanava@hotmail.com
7	Tecnorec	Dr. Michael 850, Col. San Carlos, Guadalajara, Jal. 44460	director@tecnorec.mx
8	Plásticos Jaliscienses, S.A. de C.V.	Soto y Gama 85, Col. El Moralete, Colima, Col, 28060	recicladoverduzco@hotmail.com
9	Horticultura El Palomo	Galeana 40, Col. Centro, Actopan, Hgo. 42600	horticulturaelpalomo@hotmail.com
10	Ecotecnia	Antonio Vivaldi 4761, Col. Prados de Guadalupe, Zapopan, Jal. 45030	aanaya@anayarzar.com
11	Biocasas Inteligentes	Av. Nuevo León 275, Col. San Gregorio Atlapulco, México, D.F. 16600	agroinovaplas@hotmail.com; agroinovaplas@prodigy.net.mx
12	Invertúneles	Zamora, Mich.	victor@invertuneles.com
13	Juan Hernández Salas		juanhsalas@hotmail.com

¹¹ *Ibidem.* p. 33.

En el *Mapa II.3.* se muestra la ubicación en el país de las empresas recicladoras de agroplásticos, cada una de ellas está marcada con el número consecutivo que se le asignó en la *Tabla II.3.*



Mapa II.3. Localización de las plantas recicladoras de plásticos agrícolas activas en México. Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

La metodología con la que se trabajó en este proyecto se enumera a continuación:

1. Ubicación geográfica de los centros de acopio de los plásticos agrícolas en México. Estos centros ayudan a la estancia temporal de los plásticos agrícolas donde se reportan las cantidades, se compactan y empaican para su distribución a la planta recicladora, los cuales son administrados por la Asociación Mexicana para el Manejo Integral Ambiental de los Plásticos para uso Agrícola y entidades gubernamentales como la SEMARNAT.
2. Localización de las plantas recicladoras de plásticos agrícolas existentes en la actualidad en México. De las aproximadamente 150 empresas recicladoras que operan en México, actualmente solo 13 están dedicadas específicamente a agroplásticos, las cuales procesan apenas el 10% de estos residuos generados en México, es decir, solo se reciclan 28,000 toneladas anuales.
3. Propuesta del diseño de una planta que permita el reciclaje de plásticos agrícolas, incluyendo su recolección, su traslado a la planta y el proceso dentro como seleccionado, lavado, secado, molido, peletizado y extruido.

III.1. Estudio general del mercado

El 50% de la superficie con agricultura protegida se concentra en cuatro estados: Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California Sur (12%) y Jalisco (10%). Los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son el jitomate (70%), pimiento (16%), pepino (10%).

En los últimos años se ha intensificado la diversificación de cultivos como la papaya, fresa, chile habanero, flores, plantas aromáticas.¹² Estamos hablando de una técnica que está incrementando tanto en producción y mejoramiento de los cultivos como en sus residuos generados, el plástico agrícola.

Como se puede observar en la *Tabla II.1*, el estado de Jalisco tiene una alta actividad de agricultura protegida, alcanzando las 12,034 Ha. De acuerdo a los estudios realizados por el CIQA, el cual fue mencionado anteriormente, los plásticos agrícolas generados en dicho estado son citados en la *Tabla III.1.:*

¹² SAGARPA, *Agricultura Protegida 2012*. Página 1 de 3, (Consulta: abril 2015). <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agricultura/>.

Tabla III.1. Desechos plásticos generados en el estado de Jalisco por uso agrícola.¹³

Rubro de utilización	Toneladas de desecho por año
Plástico de cubierta para invernaderos	1,200.0
Plástico para acolchado de suelo	2,200.0
Cintilla de riego por goteo	1,350.0
Plástico para túnel alto	180.5
Bolsas para cultivo de invernadero	46.4
Rafia	140.0
Malla sombra	38.7
TOTAL	5,155.6

Según los reportes del presidente del Instituto Mexicano del Plástico Industrial, si se logrará alcanzar el reciclaje total de todos los agroplásticos, el valor de la industria alcanzaría por lo menos los 3 mil millones de dólares. Es bien sabido que se necesita menos energía para fabricar un producto de material reciclado, en el caso de los plásticos solo se ocupa 20 por ciento de la energía que se requirió para producirlos por primera vez, lo que representa un gran ahorro en costos.

El potencial técnico y económico de los residuos plásticos, en específico los agrícolas, puede convertirse en un polo de desarrollo, fuente de empleos y una opción de diversificación para las regiones agrícolas del país.

Si bien, en el 2013 se generaron 280,000 toneladas de plástico agrícola y anualmente este sector crece en un 20%, la estimación para el incremento del año 2014 es de 56,000 ton, para el 2015 sería de 67,200 ton y para el 2016 sería de 80,640 ton. En el *Gráfico III.1.* se indican las cantidades esperadas en cada año según los incrementos estimados:

¹³ Gilberto Gómez Priego, Rodolfo Arellano Bonilla; *Plan de Manejo Integral de Plásticos para la Agricultura*, Plan e-book de Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas Mexicanos (ARPAM), México 2014, p. 14.

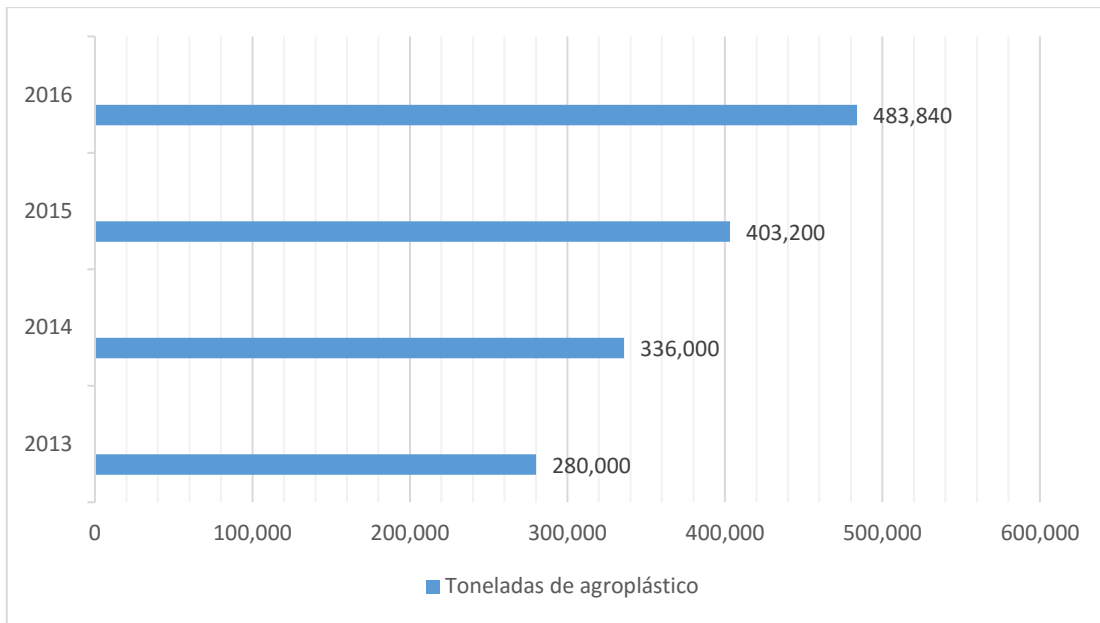


Gráfico III.1. Proyección de la producción de agroplásticos en México (Elaboración propia de acuerdo al incremento del 20% anual).

Si tomamos como ejemplo un precio de 1 peso por kilogramo de plástico reciclado, se recibirían 483, 840 pesos tan solo para el año 2016, sin considerar costos, sin embargo el precio del reciclaje es mucho mayor por lo que la ganancia sería superior. Como el proceso del reciclado es relativamente novedoso, se pueden hacer grandes innovaciones para crear nuevas tecnologías que pueden ser patentadas.

III.2. Localización de la planta

Para la ubicación de la planta de reciclaje de agroplásticos, se llevó a cabo un análisis para la selección del sitio, considerando los estados con mayor potencial de acuerdo a la actividad agropecuaria y la utilización de las técnicas de agricultura protegida. Se elaboró una tabla comparativa con los datos reportados por el *Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)*¹⁴ para la actividad agrícola de las entidades federativas y el uso del suelo por unidad de producción. Tomando como base estos datos, se seleccionaron los estados con mayor uso del suelo y mayor actividad agrícola y se marcaron en la *Tabla III.2.1*.

¹⁴ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Anuario de estadísticas por entidad federativa 2011 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI, 2011. Cuadro 10.1 y 10.5.

Tabla III.2.1. Tabla comparativa por entidad federativa de la actividad agropecuaria y uso del suelo por unidad de producción.

Entidad Federativa	Superficie con actividad agropecuaria por entidad federativa (Ha)	Superficie por unidad de producción según uso de suelo (Ha)
Estados Unidos Mexicanos	68435603	31190141
Aguascalientes	246843	174366
Baja California	1150937	400396
Baja California Sur	1131064	139071
Campeche	1450437	843258
Coahuila de Zaragoza	6892511	949096
Colima	305881	209522
Chiapas	3059531	2252972
Chihuahua	10554057	1858790
Distrito Federal	19692	18967
Durango	2101518	984061
Guanajuato	1506488	1045482
Guerrero	2029012	1641717
Hidalgo	738965	597486
Jalisco	2679370	1772292
México	852259	717386
Michoacán de Ocampo	1887243	1477048
Morelos	183897	151273
Nayarit	975725	618747
Nuevo León	2270099	647061
Oaxaca	2030507	1681890
Puebla	1193306	1022923
Querétaro	488043	241076
Quintana Roo	533238	378092
San Luis Potosí	1852102	1061907
Sinaloa	1783466	1357582
Sonora	8439571	1510112
Tabasco	1110211	622179
Tamaulipas	3197920	1484166
Tlaxcala	210851	205615
Veracruz	3815334	2730130
Yucatán	1147584	628647
Zacatecas	2597943	1766833

Fuente: Elaboración propia.

Se seleccionaron los estados de Jalisco y Veracruz de acuerdo a su semejanza en cifras en ambos rubros (marcados con amarillo). Comparando con los datos de la *Tabla II.1.*, la elección fue el estado de Jalisco ya que tiene valores promedios que nos permitirán un proyecto estable que no tenga sobreproducción de agroplásticos o que no tenga la producción suficiente para nuestro alcance.

Tabla III.2.2. Lugares factibles para la ubicación del parque industrial para la planta recicladora de agroplásticos.

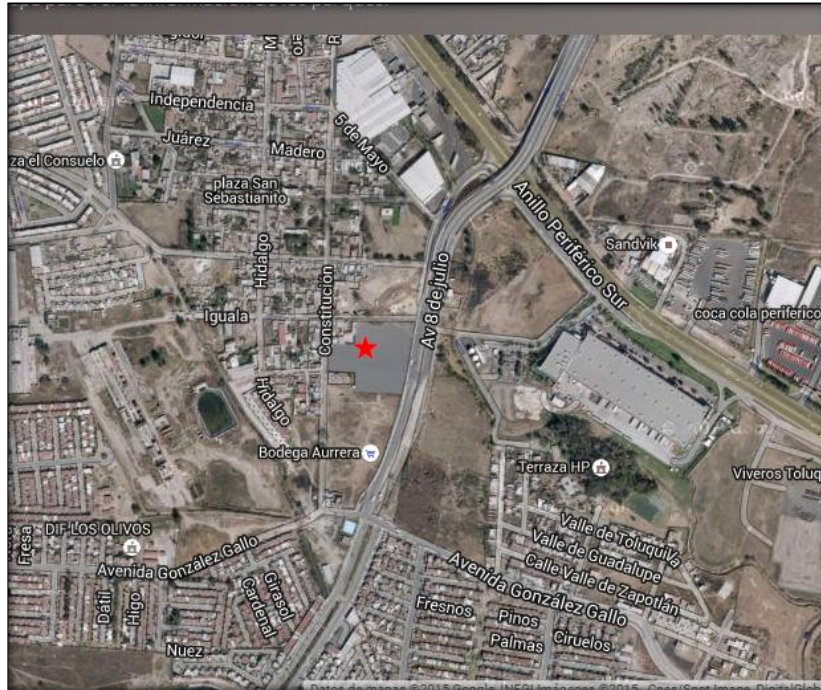
MUNICIPIOS FACTIBLES PARA LA UBICACIÓN DE LA PLANTA EN EL ESTADO DE JALISCO					
Aspectos a considerar	Sitio	Conjunto Productividad - P. Industrial Guadalajara	Prologis Park El Bosque Distribution Center	Prologis Park Jalisco	Periférico Sur Parque Industrial
Municipio		El Salto	Tlaquepaque	Tlaquepaque	Tlaquepaque
Superficie total (Ha)		4.2	3	10.4	13.5
Superficie total construida (Ha)		2.25	1.5	6.5	2
Agua (L/s/Ha)		si	-	3.4	si
Energía eléctrica (Kva/Ha)		23,000	-	-	depende de nave
Telefonía, Fibra óptica		si	si	si	si
Administración permanente		si	si	si	si
Seguridad		si	si	si	si
Red contra incendios		si	si	si	si
Gas natural		si	no	no	no
Transporte urbano		no	si	si	si
Planta de tratamiento de agua		si	no	no	si
Accesibilidad/cercanía autopista (Km)		0.5	8	0.9	1

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la *Tabla III.2.2.*, se considera que el *Parque Industrial Periférico Sur* presenta la mejor factibilidad, en base a los aspectos considerados, ya que cuenta con servicios como agua potable, energía eléctrica, telefonía, transporte urbano, etc. al igual que el *Conjunto Productividad - P. Industrial Guadalajara*, sin embargo, este último presenta menor área disponible para la construcción de la planta y el seleccionado cuenta con 11 Ha, además de que se encuentra a una distancia considerable de la carretera para la distribución de la materia prima, en nuestro caso los plásticos agrícolas.

III.2.1. Localización exacta

La ubicación precisa del sitio para la planta propuesta está localizada en González Gallo No. 1897, Colonia San Sebastianito en Tlaquepaque, Jalisco en las coordenadas 20°34'47.81"N, 103°22'50.99"O a 1556 metros sobre el nivel del mar. Colinda al Noreste con San Pedro Tlaquepaque, al Este con Las Pintas de Arriba, al Sur con La Calerilla y al Noroeste con Santa María Tequepexpan. En cuestión a la hidrografía, se encuentra a 31.43 Km de la Laguna de Chapala. La ubicación se muestra en la *Figura III.2.1*.



*Figura III.2.1. Imagen satelital de la ubicación exacta donde se considera colocar la planta.*¹⁵

Se eligió este sitio debido a la gran actividad de agricultura en el estado y la gran utilización de técnicas de agricultura protegida, además de tener en Jalisco la cercanía a Centros de Acopio Temporal y Final como se muestra en los *Mapas V.11.2.5*. La planta de nuestra propuesta no presenta complicaciones debido a las condiciones climatológicas de la zona.

¹⁵ Imagen satelital tomada del sitio web de la Asociación de Parques Industriales del Estado de Jalisco (APIEJ), <http://www.apiej.com/?s=ubicacion&parque=perisur>.

III.2.2. Condiciones climatológicas¹⁶

El clima de la zona seleccionada es semiseco con invierno y primavera secos, semicálido sin estación invernal definida. La temperatura media anual es de 20.7°C. Tiene una precipitación media anual de 919 mL. El promedio de días con heladas al año es de 5.2 días. Los vientos dominantes van en dirección sureste.

III.3. Estudio de factibilidad

En la *tabla III.3.1*, extraída de la página oficial de Reciclados de México (RECIMEX), se presentan los precios estándar de plásticos reciclados representados en pesos mexicanos por kilogramo de Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Los precios estándar comprenden al año 2013 y sirven de referencia para hacer un análisis de costos y precios.

Tabla III.3.1. Precio del plástico para reciclar en el transcurso del año 2013, según RECIMEX.¹⁷

HDPE Tipo de plástico reciclado	(MXN/Kg)	
	Menudeo	Mayoreo
HDPE post-consumo a granel mixto	1.63	3.26
HDPE post-consumo a granel natural	3.26	6.26
HDPE post-consumo en pacas mixto	3.26	6.53
HDPE post-consumo en pacas natural	4.62	9.52
HDPE post-consumo hojuelas limpias mixto	6.26	10.33
HDPE post-consumo hojuelas limpias natural	7.62	12.78
HDPE post-industrial hojuelas limpias mixto	9.52	12.51
HDPE post-industrial hojuelas limpias natural	11.15	14.96
HDPE pellets color	11.15	14.96
HDPE pellets natural	12.51	16.59

El proyecto abre dos alternativas a los generadores de agroplásticos, una es que ellos nos vendan sus residuos si no están interesados en ellos para procesarlos y la empresa vender el producto final y que sea destinado a otros usos y el último es que sean reciclados para generar nuevos plásticos agrícolas, tomando en cuenta que no pueden ser reciclados varias veces ya que pierden propiedades que son necesarias en la agricultura protegida.

¹⁶ Datos obtenidos de portal web de Tlaquepaque, Jal. <https://www.tlaquepaque.gob.mx/portal/turismo/CLIMA-Y-RECURSOS-NATURALES>

¹⁷ Recimex. Fecha de consulta: 30 de Septiembre del 2015. <http://www.recimex.com.mx/>.

En la *Tabla III.3.2.* se puede apreciar el precio de los equipos requeridos para la instalación de la planta de 3 Ton/h, así como el precio de algunos materiales de tubería, costos de instalación y el precio por la nave que se ocupara en la región que se seleccionó de acuerdo a nuestras necesidades.

Tabla III.3.2. Costo de equipos y total de inversión fija.¹⁸

Lista de equipos para la planta recicladora de agroplásticos			
Cantidad	Descripción	Precio unitario (MXN)	Precio Total (MXN)
1	Banda clasificadora. Modelo BI-101 (10x1)m.	\$180,000	\$180,000
1	Banda alimentadora. Modelo BG2-3.6 (3.6x0.6x2.1)m.	\$55,000	\$55,000
1	Molino. Modelo ML500-G3 (1.5x1.9x2.2)m.	\$350,000	\$350,000
1	Lavadora. Modelo LSI-1000 con secadora incluida (3.5x23x3)m.	\$3,915,000	\$3,915,000
3	Válvulas Check de bronce ¹⁹	\$4,818	\$14,454
50	Metros de tubería de acero al carbón de ¾"	\$220	\$11,000
30	Metros de tubería de acero al carbón de 1.5"	\$320	\$9,600
1	Tanque de agua con capacidad de 20 m ³ (3m dx3m h).	\$24,000	\$24,000
	Total de equipos		\$4,544,600
3,500	Metros cuadrados de construcción ²⁰	\$1,280	\$4,480,000
	Costo de instalación (por regla heurística 10% del precio de equipos).		\$448,000
	Total inversión fija		\$9,489,054

¹⁸ Tabla de elaboración propia mediante cotizaciones proporcionadas por proveedor Tecnologías y Plantas de Reciclado S.A. de C.V. (TECNOREC) Guadalajara, Jalisco; Fecha de entrega: 27 de mayo del 2015.

¹⁹ Lista de precios Abril 2016; SIMEX: Soluciones Hidráulicas Integrales, Fruto Romero No. 2357 Col. Ferrocarril Guadalajara, Jalisco C.P. 44440 Tel. +52 (333) 145-2626 Fax. +52 (333) 145-2750. Enlace de la lista: <http://www.simexco.com.mx/productos/precios.pdf>.

²⁰ Este dato se obtuvo de la página oficial de la Asociación de Parques Industriales del Estado de Jalisco (APIEJ) <http://www.apiej.com/>, más adelante se presenta la justificación de la elección de este terreno.

De acuerdo a la cantidad de energía, agua y gas total consumida por los equipos y la planta en general con todo y el sistema de luz, control, etc. se presenta la siguiente tabla con el costo de los servicios auxiliares por día de producción:

Tabla III.3.3. Costo de los servicios auxiliares por día de operación.²¹

Servicios Auxiliares			
Cantidad	Descripción	Precio unitario (MXN)	Precio Total (MXN)
200	Energía eléctrica (KWH)	3.95	790
500	Metros cúbicos de agua	1.1952	598
1	Metro cúbico de gas LP	3.28	3.28
	Total		1,391

También es necesario determinar el número de trabajadores, así como su área de desempeño y su sueldo por sus servicios.

Tabla III.3.4. Costo del capital humano por día y mes de operación.²²

Capital Humano			
Cantidad	Descripción	Sueldo diario (MXN)	Salarios mínimos al mes
1	Jefe de operación	947.93	324
1	Químico/químico ambiental	700	240
5	Ayudantes generales	107.07 indv. (535.35 total)	36 (183 totales)
1	Mecánico/soporte técnico equipos	386.77	132
1	Chofer centro acopio-planta	108.94	37
	Total	2,679	916

²¹ Tabla de elaboración propia con los precios actuales en México de los servicios mencionados.

²² Se determinó el sueldo mensual de acuerdo al área correspondiente en salarios mínimos. Información recolectada del portal de CONASAMI, <http://www.conasami.gob.mx/consulta.html>. Última modificación: jueves, 19 de mayo de 2016, por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos.

A continuación se presenta un estudio de factibilidad económico realizado por la Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas de México (ARPAM):

Tabla III.3.5. Estudio económico de factibilidad.²³

	Ton/hora	Ton/día	Ton/año
PRODUCCIÓN	3	48	14,400
Costo acopio (6 pesos/Kg)	18,000	288,000	86,400,000
Costo reciclaje (9 pesos/Kg)	27,000	432,000	129,600,000
COSTO TOTAL (pesos)	45,000	720,000	216,000,000
Precio de venta	60,000	960,000	288,000,000
UTILIDAD	15,000	240,000	72,000,000
INVERSIÓN	70,000,000		
UTILIDAD MENSUAL	6,000,000		
Tiempo de Recuperación de la inversión	1 año		

Tomando en cuenta los precios estándar del plástico reciclado de la *Tabla III.3.1.*, se tomó un precio sugerido de 20 MXN por kilogramo de polietileno de alta densidad (HDPE), es decir, 20,000 MXN por tonelada de plástico reciclado y se elaboró la siguiente tabla con el fin de confirmar datos:

Tabla III.3.6. Análisis de precio y costo anualmente.

Ton plástico/día	48
Venta/día (MXN)	960,000
Ventas anuales (MXN)	288,000,000
Días laborales	300
Costo por Kg de plástico (MXN)	15
Costo del producto/año (MXN)	216,000,000
Utilidad bruta anual (MXN)	72,000,000

Fuente: Elaboración propia.

²³ Estudio realizado por la ARPAM, Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas Mexicanos, A.C.

Siendo:

- $Ventas/día = Toneladas\ por\ día * Precio\ sugerido$
- $Utilidad\ bruta\ anual = Ventas\ anuales - Costo\ anual\ del\ producto$

La Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas Mexicanos A.C. (ARPAM) propone una inversión total de 70,000,000 MXN. Considerando esta cantidad, el proyecto sería rentable hasta el primer año ya que la producción anual representa 72,000,000 MXN y en el primer año se recuperaría la inversión completa.

Mediante el cálculo de la rentabilidad sobre la inversión (RSI) obtenemos un factor mayor a 1, lo que nos indica que el proyecto es realmente factible y el periodo de recuperación de la inversión es corto y conveniente para la empresa.

$$(RSI)^{24} = \frac{Utilidad\ anual}{Inversion\ total} = \frac{72,000,000\ MXN}{70,000,000\ MXN} = 1.028$$

²⁴ M. en I. Anaya Durand Alejandro, M. en I. Barragán Acevedo Ricardo y Est. Ing. Vergara Vega Aldo; *Manual de temas selectos de ingeniería de proyectos*; UNAM, México D.F. 2013; pág. 46.

IV. BASES DE DISEÑO

IV.1. Propuesta del diseño de una planta recicladora de plásticos agrícolas

El ciclo de vida de los diversos productos agroplásticos comprende el proceso de transformación, distribución, almacenamiento, aplicación de producto y reutilización antes de que sean considerados como desechos sólidos. Es importante señalar que cada producto tiene un ciclo de vida diferente, por lo que varía su incorporación al rubro de material reciclable y ocurre en momentos diferentes del ciclo agrícola.

Sin embargo, la vida útil de los plásticos agrícolas en general es muy corta, tanto si se trata de casos de volúmenes de consumo muy altos, –como por ejemplo el caso de la película para acolchado y la cintilla para riego, ambos con tiempos máximos de aplicación de ocho meses equivalentes a dos ciclos agrícolas consecutivos–, así como para el caso de productos de bajo nivel de consumo como las películas para cubiertas flotantes, rafias o bolsa para cultivo.

IV.2. Objetivos de la planta recicladora de plásticos agrícolas

- Establecer las técnicas y metodologías para el adecuado manejo y reciclado de plásticos agrícolas de desecho, así como definir y establecer las etapas involucradas en este proceso.
- Difundir y promover entre los agricultores y usuarios de plásticos para uso agrícola la cultura de recolección y disposición de los desechos, así como evitar las prácticas de quema a cielo abierto.
- Establecer mecanismos claros de recolección y disposición para los diferentes tipos de generador.
- Promover entre los agricultores la importancia de buenas prácticas agrícolas y campos libres de residuos plásticos.

Una vez fijado nuestro alcance, se propone una planta recicladora con capacidad de 3 Ton/h en base a los datos reportados en la literatura y tomando en cuenta los aspectos políticos y económicos que rodean al proyecto. El proyecto tiene como meta evaluar la efectividad de esta propuesta con la intención de extenderla a lo largo de la república mexicana y contribuir a remediar el problema con apoyo el gubernamental.

IV.3. Balance de materia.

El balance de materia de nuestro proceso no presenta gran complicación pues dado que no es una transformación química, el balance de materia se simplificará de la siguiente manera:

$$ENTRADA - SALIDA = ACUMULACIÓN - GENERACIÓN$$

No tenemos termino de generación pues es una planta recicladora donde todo el material que entra solo modifica su forma. Tampoco tenemos termino de acumulación de materia ya que antes de que la materia prima entre al primer equipo, que es el molino M-01, en la banda transportadora ya se realizó la revisión de plásticos donde se eliminará la materia prima que no está en buenas condiciones para el proceso de reciclado o material extraño que no sea plástico, por lo que el balance se simplifica así:

$$ENTRADA - SALIDA = 0$$

$$ENTRADA = SALIDA$$

El balance anterior representa que toda la materia que entra al primer equipo es la que va a salir como producto final, solo que saldrá con forma de pellets para la fabricación de otros productos plásticos.

De acuerdo a la *Figura V*, Diagrama de Flujo de Proceso del Reciclaje de Agroplástico, se presenta la siguiente tabla del balance de materia:

Tabla IV.3.1. Balance de materia del flujo de plástico a lo largo del proceso.²⁵

NOMBRE DEL FLUJO	FLUJO (Ton/h)
F1	3
F2	3
F3	3
F4	3
F5 (flujo final)	3

²⁵ Tabla de elaboración propia de acuerdo al balance de materia del flujo de plásticos.

El balance de los flujos F_6 y F_7 se realiza de igual manera por no tener acumulación ni generación. Estos flujos solo son usados para el lavado y enjuagado de los plásticos a lo largo del proceso ya que entran en contacto con el material y sale la misma cantidad de agua de lavado más el agua de enjuagado; pueden salir un poco contaminadas con agentes agroquímicos sin embargo la composición de estas aguas no tienen ningún efecto directo en la obtención de nuestro producto final. Las descargas son clarificadas por el equipo LYS-01 que tiene un sistema interno que también recircula las aguas para maximizar su uso; el Parque Industrial Periférico Sur proporciona un sistema de tratamiento de aguas para las descargas finales, ya que estas pueden contener pequeñas cantidades de agroquímicos.

Tabla IV.3.2. Balance de materia (flujo de la solución de sosa y agua de enjuagado).²⁶

FLUJO (m ³ /h)	
F6	2
F7	2

IV.4. Función de la planta recicladora de plásticos agrícolas

La planta propuesta tiene como finalidad contribuir al reciclaje de los plásticos agrícolas producidos en México que ha ido en aumento en los últimos años ya que son pocas empresas quienes se encargan de dichos residuos dejando así un margen del 90% de este residuo en tiraderos, rellenos sanitarios o en incineraciones a cielo abierto. Esta contribución tiene un alcance de 48 Ton/día de agroplásticos reciclados por solo una planta establecida.

IV.5. Capacidad, factor de servicio y flexibilidad de la planta

IV.5.1. Capacidad

Tabla IV.5.1. Capacidad de la planta.

Capacidad	Plásticos agrícolas reciclados (Ton/día)
Máxima (100%)	48
Normal (85%)	40.8
Mínima (70%)	33.6

²⁶ Tabla de elaboración propia de acuerdo al balance de materia de las aguas de lavado y enjuagado.

IV.5.2. Factor de servicio

Se estima que la planta operará en un aproximado de 300 días incluyendo 30 días de paro por mantenimiento (pueden variar los días por mantenimiento ya que no contamos con gran variedad de equipos). Tomando en cuenta que el año se conforma de 365 días y un factor del cien por ciento sería de 1.0, nuestro factor de servicio (FS) para 300 días será de 0.877.

IV.5.3. Flexibilidad de operación bajo condiciones normales

Se han considerado eventualidades que pudieran ocurrir tales como:

- Falla de electricidad: Se debe contar con una planta de emergencia eléctrica de preferencia a base de diésel.
- Falla de agua: Se debe disponer con un equipo auxiliar de menor capacidad.
- Falla de aire: Se debe tener un equipo de aire auxiliar de menor capacidad.

IV.6. Especificaciones de producción

En la *Tabla IV.6.* se presentan propiedades físicas del producto y en la *Tabla IV.6.1.* la proyección aproximada de la producción de pellets a uno, cinco y diez años de acuerdo con el factor de servicio establecido y el alcance que se fijó para el proyecto:

Tabla IV.6. Proyecciones de la producción de la planta recicladora.

Proyección a:	Producción de pellets (Ton)
1 año	14, 400
5 años	72, 000
10 años	144, 000

IV.6.1. Propiedades físicas del producto.

Tabla IV.6.1. Propiedades físicas del producto.


Propiedad del Pellet de LDPE	Rango
Densidad	1.34-1.39 g/cm ³
Resistencia al calor	244-254°C
Diámetro estándar del pellet	8-10 mm (especificación del cliente)

IV.7. Agentes químicos requeridos

IV.7.1. Agentes químicos durante el proceso de lavado

- **Sosa caustica²⁷ (al 50%).** El hidróxido de sodio es un sólido blanco e industrialmente se utiliza como disolución al 50 % por su facilidad de manejo. Es soluble en agua, desprendiéndose calor. Absorbe humedad y dióxido de carbono del aire y es corrosivo de metales y tejidos. Algunos sinónimos son: soda cáustica, sosa, hidróxido sódico, lejía, lejía de sosa, lentejas. Las propiedades físicas y termodinámicas, se recopilan a continuación en la *Tabla IV.7.1.*

Tabla IV.7.1. Propiedades físicas y termodinámicas de la sosa cáustica.

Propiedades físicas y termodinámicas	
Fórmula química	NaOH
Peso molecular (g/mol)	40.01
Aspecto y color	Sólido blanco
Pto. de ebullición (en °C a 760 mm de Hg).	1388
Pto. de fusión (°C)	318.4
Presión de vapor (en mm a 739°C)	1
Densidad (en g/mL a 25°C)	2.13
Solubilidad	En agua, alcoholes y glicerol. Insoluble en acetona (aunque reacciona con ella) y éter.
Códigos de peligrosidad del residuo	

Fuente: elaboración propia.

NOTA: Solo se usará en caso de que el plástico presente una contaminación extrema de agroquímicos.

²⁷ Ficha técnica, Fecha de consulta junio 2015, <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/2hsnaoh.pdf>.

IV.7.2. Agentes químicos usados como aditivos.

Los aditivos son los materiales que se incluyen en la formulación de los polímeros para modificar y mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y de proceso. En general, se consideran aditivos aquellos materiales que van dispersos en una matriz polimérica, sin afectar a su estructura molecular. Por tanto, quedan excluidas sustancias tales como catalizadores, reticulantes, etc.²⁸

Los aditivos químicos son también usados en pequeñas cantidades en la estructura polimérica de los plásticos agrícolas, dirigido a impartir propiedades específicas a diferentes películas y productos plásticos, dependiendo de su aplicación. Un plástico puede tener más del 15% de su peso en aditivos y tener arriba de 15 diferentes aditivos. Algunas de las familias de aditivos comúnmente usadas son antideslizantes y antiestáticos, antioxidantes, absorbedores UV, estabilizadores de luz, modificadores de tensión superficial y aditivos que bloquean IR, pigmentadores, fotoselectivos y otros rellenos. Estos aditivos son moléculas químicas complejas con diferentes propiedades, algunas de ellas actúan sinérgicamente.²⁹

Los aditivos se clasifican según su función y no en relación con su constitución química (*Tabla IV.7.2.*). Ciertas mejoras en una determinada propiedad pueden dar lugar a la inhibición de otras; por tanto, lo que determina la elección final de uno o varios aditivos es el comportamiento considerado en su conjunto.

Tabla IV.7.2. Tipos de aditivos para plásticos.³⁰

Función del aditivo	Tipo de aditivo	Ejemplos
Que facilitan el procesado	Estabilizantes y lubricantes.	Ácido esteárico, ceras, estearatos
Que modifican las propiedades mecánicas	Plastificantes, cargas reforzantes y modificadores de impacto.	Diiso-nonil ftalato, Trifenilfosfato
Que disminuyen costos de las formulaciones	Cargas, diluyentes y extendedores.	Carbonato de calcio, cerámica
Modificadores de propiedades superficiales	Agentes antiestáticos, antideslizamiento y antidesgaste y promotores de adhesión.	Fenoles estéricamente impedidos, aminas aromáticas
Modificadores de propiedades ópticas	Pigmentos y colorantes. Agentes de nucleación.	Óxido de titanio, negro de humo, óxidos de hierro y cromatos
Contra el envejecimiento	Estabilizantes contra luz UV y fungicidas.	Benzotriazoles, acrilonitrilos sustituidos, 4-alcoxibenzofenonas
Otros	Agentes espumantes y retardantes de llama.	Amidas, cloruros o bromuros

²⁸ Wypych George, *Handbook of plasticizers*; Editorial ChemTec Publishing, 2004; Pág. 5.

²⁹ Demetres Briassoulis, *et al*; *Review, mapping and analysis of the agricultural plastic waste generation and consolidation in Europe*; Waste, management and research, 2013; tel. 31(12) 1262 –1278; Pág. 5 de 17.

³⁰ M. Beltrán y A. Marcilla; *Tecnología de polímeros: Tipos de plásticos, aditivación y mezclado*; Fecha de consulta: enero 2016; <http://iq.ua.es/TPO/Tema2.pdf>.

Las películas de plástico convencionales son principalmente a base de polietileno (PE), pero también hay algunas de policloruro de vinilo (PVC), así como películas hechas de polímeros especiales. El polietileno es el material principal de las películas de plásticos agrícolas y es usado por la mayoría de los agricultores por su accesibilidad, transparencia, durabilidad, fuerza, flexibilidad y fácil manejo.³¹

En general, la mayoría de los agroplásticos son de polietileno de baja densidad, que en varias aplicaciones, puede contener los copolímeros etilvinilacetato (EVA) o etilbutilacetato (EBA).

Las propiedades de las películas a base de LDPE se suelen modificar por aditivos especiales para controlar el crecimiento de los cultivos, la temperatura del suelo y las pérdidas de agua, las malezas y los insectos, para ofrecer estabilización ultravioleta (UV), incorporar comportamientos anti-goteo y anti-niebla, opacidad infrarroja (IR), bloqueo UV y también se han desarrollado películas ultra térmicas.³²

La concentración de los aditivos en las formulaciones de plásticos se expresa en peso referida a 100 gramos de polímero o *phr* (partes por 100 de resina).

Los aditivos deben cumplir con algunas características para que sean eficaces, de modo que se consigan los objetivos de cambio y mejoramiento en el polímero:

- Miscibilidad entre las moléculas del aditivo y el polímero.
- No debe ser volátil a las condiciones del proceso, es decir, tensión de vapor baja a altas temperaturas.
- Sin tendencia a agregarse. Esto evitará el depósito del aditivo en forma de una capa fina superficial.
- No debe exudar durante su vida en servicio, se perdería su eficacia por su eliminación.
- No debe ser tóxico ni perjudicial para el personal que lo manipule, ni para el usuario.

La *Tabla IV.7.3.* muestra el rango de las composiciones químicas de los principales plásticos agrícolas por tipo de material que es usado en la mayoría de las ciudades de Europa.

³¹ *Ibidem.* Pág. 1 de 17.

³² Demetres Briassoulis, *et al*; *Review, mapping and analysis of the agricultural plastic waste generation and consolidation in Europe*; Waste, management and research, 2013; tel. 31(12) 1262 –1278; Pág. 2 de 17.

Tabla IV.7.3. Composición química de los agroplásticos más usados en Europa (revisar nomenclatura en Anexo I).³³

Producto plástico	Composición	Aditivo
Película de invernadero	LDPE, LLDPE, co-polímero EVA/EBA, P[EVA], LDPE térmico, películas de PVF, FEP y PTFE son usadas solamente en instalaciones de demostración en Alemania), PMMA and PC solo usadas en Holanda y Bélgica.	Carbón negro, estabilizadores UV, pigmentadores, HALS, silica de relleno, aditivos antigoteo, aditivos IR, antipolvos, antiniebla, desactivadores de níquel, estabilizadores de resistencia.
Películas para túneles bajos	LLDPE, LDPE, P[EVA] (NHRF), LDPE térmico, PVC (materiales usados en Italia).	Estabilizadores UV, HALS, aditivos IR, aditivos antigoteo y antiniebla.
Películas para acolchado	LDPE, LLDPE, co-polímeros EVA.	Colorantes y pigmentadores, estabilizadores UV y carbon negro.
Cubierta directa	PP (20-50 µm), PP + PA (no entrelazado), PE perforado con 500-1000 hoyos/m ² (30-50 g/m ²), LDPE-EVA.	Estabilizadores UV, pigmentadores y colorantes.
Películas de embalaje	LLDPE, EVA, poli-isobutileno, PP o PE-metaloceno de alta resistencia.	Permeabilidad al oxígeno, estabilizadores UV, resistencia a desgarro y perforación (usados en países Nórdicos), carbón negro o colorantes blancos y negros, dióxido de titanio, de adherencia.
Películas retráctiles para envolver	LLDPE co-extruido, PP, HDPE, PVC.	Colorantes blancos y negros, estabilizadores UV, aditivos antigoteo de dióxido de titanio, carbón negro, mezclas de metalocenos y agentes de pegajosidad (materiales usados en UK), antiestáticos.
Sistemas de riego	Tuberías de riego: LDPE y HDPE. Cintas de riego: LDPE, éster y éter-poliuretano, PE, PVC, PP, elastómeros vulcanizadores térmicos, cristal reforzado con plásticos, fibra de vidrio reforzada con resinas de poliéster.	Pigmentos coloreadores y carbón negro.
Contenedores agroquímicos	PET, LDPE-HDPE, co-extruidos, PA, PBT, PP, PVOH/la mayoría son plásticos multicapa, EVOH (materiales usados en Suecia).	Pigmentos coloreadores, estabilizadores UV, aditivos que ofrecen resistencia térmica.
Sacos de fertilizantes	PE, películas co-extruidas de PP mono o bicolor de 3 capas con estabilizado UV.	Estabilizadores UV, pigmentos coloreadores (materiales usados en Francia).
Mallas hidropónicas	LDPE, LLDPE, mallas co-extruidas para coleccionar nueces y aceitunas. Mallas tejidas (antigranizo, contra aves y malla sombra): HDPE, LDPE y PP respectivamente.	Estabilizadores UV, pigmentadores (blanco y negro).
Rafias	PP.	Colorantes y estabilizadores UV.

³³ Demetres Briassoulis, *et al*; *Review, mapping and analysis of the agricultural plastic waste generation and consolidation in Europe*; Waste, management and research, 2013; tel. 31(12) 1262 –1278; Pág. 6 de 17.

Los plásticos para invernaderos requieren de estabilizantes para impedir su degradación por el efecto de la luz U.V. La duración de la lámina depende, en gran medida, de la dispersión homogénea de los aditivos. Los estabilizantes pueden ser tipo Ni/Benzofenona (Níquel) los cuales le dan apariencia Amarillo verdoso; o basados en aminas impedidas (Hals) con los cuales las películas presentan una apariencia blanca traslúcida.³⁴ También se puede agregar un estabilizador térmico para impedir su degradación y envejecimiento.

- **2,2', 4,4'- tetrahidroxibenzofenona**³⁵. Es un estabilizador de la luz eficaz para proteger plásticos, pinturas, adhesivos y cosméticos. Es usado para la protección de la degradación UV, absorbe la luz ultravioleta hasta 400 nm. Algunos sinónimos son 2-benzofenona, metanona, bis(2,4 - dihidroxifenil). Es soluble en varios disolventes como metanol, metiletilcetona y etanol desnaturalizado que hace que sea compatible con una gran variedad de aplicaciones. En la *Tabla IV.7.4.* se presentan las propiedades físicas y termodinámicas del aditivo.

Tabla IV.7.4. Propiedades físicas y termodinámicas del aditivo.

Propiedades físicas y termodinámicas	
Fórmula química	C ₁₃ H ₁₀ O ₅
Peso molecular (g/mol)	246.22
Aspecto y color	Polvo amarillo traslucido
Olor	Característico
Pto. de fusión (°C)	195-197
Densidad aparente (Kg/m ³)	500
Densidad (en g/mL a 25°C)	1.21
Solubilidad (20°C)	En agua escasa, en solventes orgánicos muy soluble.

Fuente: elaboración propia.

³⁴ Artículo: *Tipos de plásticos para invernaderos y estabilizadores*, pp.4; Fecha de consulta: Febrero 2016; <http://documents.mx/documents/tipos-de-plasticos-para-invernaderos-y-estabilizadores.html#>.

³⁵ Ficha técnica; fecha de consulta: febrero 2016; <http://www.lycusltd.com/Documents/MAXGARD%201000%20-%20Safety%20Data%20Sheet%202015-12-07.pdf>.

IV.8. Normatividad (seguridad, licencias de operación y descarga de efluentes).

Dentro de las instalaciones, es importante que existan señales de precaución que indiquen el riesgo de inflamabilidad que tiene el material almacenado, indicaciones de Protección Civil, así como las leyes relacionadas con los espacios libres de tabaco. Es obligatorio el uso de casco, lentes, botas y guantes para el personal encargado del movimiento de los residuos.

Desde el punto de vista regulatorio, la planta debe cumplir con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas enlistadas en la *Tabla IV.8.1.* y *Tabla IV.8.2.* en temas de seguridad y descarga de efluentes respectivamente.

Tabla IV.8.1. Seguridad.

Norma	Características
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo. Condiciones de seguridad.
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de seguridad - Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
NOM-005-STPS-1998	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
NOM-006-STPS-2000	Manejo y almacenamiento de materiales. Condiciones y procedimientos de seguridad.
NOM-010-STPS-1999	Condiciones de seguridad en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido
NOM-015-STPS-2001	Condiciones térmicas elevadas abatidas - Condiciones de seguridad e higiene
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal. Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
NOM-018-STPS-2000	Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgo por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo

NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas. Funcionamiento. Condiciones de seguridad
NOM-021-STPS-1993	Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas.
NOM-022-STPS-2008	Electricidad estática en los centros de trabajo. Condiciones de seguridad
NOM-025-STP-2008	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo. Condiciones de seguridad.
NOM-100-STPS-1994	Seguridad. Extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida. Especificaciones
NOM-102-STPS-1994	Seguridad. Extintores contra incendio a base de dióxido de carbono. Parte 1: Recipientes

Fuente: Elaboración propia.

Tabla IV.8.2. Indicaciones de descargas.

Instrumentos regulatorios	Característica
LGPGIR	Ley General para la Prevención y gestión Integral de los Residuos
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
NOM-002-SEMARNAT-1996	Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal
NOM-043-SEMARNAT-1993	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas
NOM-085-SEMARNAT-2011	Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos

Fuente: Elaboración propia.

En la *Tabla IV.8.3.* se enlistan los permisos que son necesarios tramitar en los tiempos solicitados por las entidades correspondientes para operar. También se recomiendan algunas licencias que no son obligatorias (indicadas con un * en la parte final de la tabla).

Tabla IV.8.3. Licencias y permisos de operación.³⁶

Licencia/Permiso	Características
Secretaría de Relaciones Exteriores (SER)	Por medio de la Dirección General de Permisos, artículo 27 constitucional, autoriza la constitución de una sociedad. Aquí la SRE resuelve si la denominación o razón social no está registrada con anterioridad y autoriza la determinación del objeto social.
Notario Público/Registro Público de Comercio	La constitución de la sociedad se formaliza mediante un contrato social denominado <i>escritura constitutiva</i> , que establece los requisitos y reglas a partir de las cuales habrá de funcionar la sociedad. Este contrato, también llamado “estatutos” debe ser otorgado en escritura (notarizado) ante notario público, e inscrito en el Registro Público de Comercio de la SECOFI, dentro de los 15 días siguientes a su suscripción.
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	Haber realizado situaciones jurídicas que de hecho den lugar a presentación de declaraciones periódicas (apertura), las personas físicas con actividades empresariales y las personas morales residentes en el extranjero deben solicitar su inscripción en el Registro Federal de Contribuyentes de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (forma HRFC-1, en original y cinco copias), donde reciben una clave que les identifica en lo subsecuente ante la autoridad fiscal. También la SHCP mantiene el Padrón de Proveedores de la Administración Pública Federal, al que deben registrarse las empresas o personas que deseen efectuar transacciones comerciales con las diferentes dependencias de la administración pública.
Gobierno municipal	Ciertas actividades o giros de negocio requieren de Licencia de funcionamiento expedida por el gobierno municipal de la localidad donde se asientan (en el D.F. será la delegación política del gobierno del Distrito Federal correspondiente al domicilio del negocio). Esta licencia (o en su caso la declaración de apertura para el inicio de operaciones) deberá mantenerse siempre a la vista. Enseguida debe tramitarse la licencia de uso del suelo que autoriza el uso o destino que pretenda darse a un predio o local. Por último debe tramitarse la inscripción en el padrón delegacional en la delegación correspondiente.
Secretaría de salud	Las actividades relacionadas con la salud humana requieren obtener, en un plazo no mayor de 30 días, de la Secretaría de Salud o de los gobiernos estatales una autorización que podrá tener la forma de: Licencia Sanitaria, Permiso Sanitario, Registro Sanitario, Tarjetas de Control Sanitario. Esta licencia tiene por lo general una vigencia de dos años y debe revalidarse 30 días antes de su vencimiento.
Instituto Mexicano del Seguro Social (IMS)	El patrón (la empresa o persona física con actividades empresariales) y los trabajadores deben inscribirse en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), dentro de un plazo no mayor de cinco días de iniciadas las actividades. Al patrón se le clasificará de acuerdo con el Reglamento de Clasificación de Empresas y denominación del Grado de Riesgo del Seguro del Trabajo, base para fijar las cuotas que deberá cubrir.
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)	Al iniciar operaciones y posteriormente cada año, se debe dar aviso de manifestación estadística ante la Dirección General de Estadística, dependiente del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

³⁶ Lic. Juan Gerardo Garza, *Administración Contemporánea: Licencias y permisos para iniciar una empresa en México*, pp. 4; Fecha de consulta: Diciembre 2015; <http://www.mty.itesm.mx/daf/deptos/or/or00-811/Nlicencias.pdf>.

Licencia/Permiso	Características
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI)	Esta secretaría (SECOFI) debe verificar y autorizar todos los instrumentos de medidas y pesas que se unen como base u objeto de alguna transacción comercial. Reglamenta y registra las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que son obligatorias para ciertos productos (instrumentos de medición y prueba, ropa y calzado, salud, contaminantes, entre otros).
Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)	Las empresas que emitan a la atmósfera olores, gases, o partículas sólidas o líquidas deben solicitar una licencia de funcionamiento expedida por esta secretaria (SEMARNAP). Estas emisiones deberán sujetarse a los parámetros máximos permitidos por la ley.
Secretaría de Trabajo y Previsión Social	Todos los negocios deben cumplir con el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo y Normas Relativas que se presenta en el capítulo sobre Instalaciones: ubicación y servicios auxiliares y en los Anexos de este documento.
Comisión Nacional del Agua	En caso de no estar conectado a alguna red de agua potable y alcantarillado se debe solicitar permiso ante la Comisión Nacional del Agua para obtener derechos de extracción de agua del subsuelo, y de igual manera se deben registrar las descargas. En ambos casos se origina el pago de derechos.
Otras autorizaciones	Como las relativas a la Comisión Federal de Competencia, Comisión Federal de Electricidad, Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, entre otras.
Institución bancaria*	En el banco seleccionado se abre la cuenta de cheques y se recurre a solicitar financiamiento, se paga todo tipo de impuestos (al igual que servicios tales como electricidad, teléfonos y gas entre otros) y se presentan declaraciones, aun cuando no originen pago. De igual manera, el patrón y los trabajadores deben inscribirse ante el Sistema de Ahorro para el Retiro (Subcuentas IMSS e Infonavit, forma SAR-01-1, SAR-01-2, SAR-04-1 o sus equivalentes medios magnéticos) En el banco, más adelante se depositarán en forma bimestral las aportaciones correspondientes.
Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM)*	De acuerdo con la Ley de Cámaras Empresariales y sus Confederaciones, todas las tiendas, comercios, fábricas, talleres o negocios deben registrarse en el Sistema Empresarial Mexicano (SIEM) con lo cual tendrían la oportunidad de aumentar sus ventas, acceder a información de proveedores y clientes potenciales, obtener información sobre los programas de apoyo a empresas y conocer sobre las licitaciones y programas de compras del gobierno.
Coparmex*	En forma opcional, el patrón puede inscribirse en la Confederación Patronal de la República Mexicana (Coparmex).
Sindicato*	Aun cuando no existe obligación legal de afiliarse a los trabajadores ante algún sindicato, los trabajadores pueden constituirse en sindicato cuando se conjuntan más de veinte trabajadores en activo. En la práctica los diferentes sindicatos, reconocidos por las autoridades del trabajo en el ámbito federal o local, buscan forzar la contratación colectiva de los trabajadores y su respectiva afiliación, por lo que es conveniente entablar pláticas con alguna central obrera antes de constituirse, y así no tener que negociar bajo presión.

IV.9. Instalaciones requeridas de almacenamiento.

IV.9.1. Almacenamiento Temporal del Agricultor

Hoy en día algunos de los agricultores se han tenido que adaptar a las necesidades encargándose de almacenar temporalmente dentro de sus terrenos los desechos de agroplásticos usados en donde son separados por tipo de plástico para posteriormente ser llevados al centro de acopio.³⁷

IV.9.2. Centros de Acopio Temporal o Puestos de Recolección Temporal

Los Centros de Acopio Temporal o también denominados Puestos de Recolección son construcciones menores, donde se realiza la recepción del material acopiado por el agricultor. En estos sitios se registra la cantidad de agroplásticos que serán enviados a los Centros de Acopio Final, además de ser clasificados por tipo de material. Los gastos de transportación van por cuenta del agricultor, en ocasiones son apoyados por los distribuidores y/o recicladores.

Los Centros de Acopio Temporal o Puestos de Recolección Temporal deben estar a cargo de los municipios, como parte de su programa de recolección de residuos sólidos urbanos, además de ofrecer personal a cargo de la recepción del material y entrega de recibos a los usuarios. Estos centros deberán contar con una balanza para registrar los pesos del material entregado. Para el manejo óptimo del material sería recomendable contar con equipos para comprimir los residuos.

IV.9.3. Comprobación

A cada agricultor que entregue su material usado para ser reciclado, se le deberá emitir un comprobante de acuse de recibido donde se indique que ha cumplido con la entrega y ha quedado registrada la cantidad de residuos entregados. En el recibo emitido por el Centro de Acopio se anota también el tipo de material recibido y el peso para que pueda triangularse esta información con el importe de la factura de compra al distribuidor o reciclador.

Es importante destacar que este procedimiento de entrega de recibos contra entrega de desechos, permitirá comprobar el impacto a nivel local del Proyecto de Manejo y Disposición de los Desechos Plásticos de Uso Agrícola (envases vacíos de agroquímicos, invernadero, túnel, macrotúnel, acolchado, mallas cintas de riego, rafias, etc.), de otra forma no se podrá llevar un control adecuado del programa y su eficiencia.

³⁷ Gilberto Gómez Priego, Rodolfo Arellano Bonilla; *Plan de Manejo Integral de Plásticos para la Agricultura*, Plan e-book de Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas Mexicanos (ARPAM), México 2014, p. 21.

IV.9.4. Centros de Acopio Final

Son construcciones mayores que los Puestos de Recolección Temporal, bien estructurados, administrados por la Asociación Mexicana para el Manejo Integral Ambiental de los Plásticos para uso Agrícola, en conjunto con las instituciones gubernamentales encargadas del cuidado del medio ambiente (SEMARNAT, COFEPRIS, CIQA, AMIFAC, etc.). En estos centros se recibe el material, se registra, se compacta y se pone a disposición de las empresas recicladoras.

IV.9.5. Maquinaria

Los Centros de Acopio Final tienen una prensa para compactación de los agroplásticos, la cual separa las corrientes de los diferentes tipos de material: acolchados, invernadero, cintas de riego por goteo, rafia, mallas, bolsas de cultivo, etc.

IV.9.6. Transporte de los desechos plásticos

La transportación de los desechos plásticos de los Centros de Acopio Final a las plantas recicladoras por lo general corre por cuenta de las personas o empresas que los recogen para reciclarlos, quienes también se encargan de tramitar los permisos ante las autoridades correspondientes o a través de la asociación a la que los recicladores pertenecen.

IV.10. Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares son necesarios en diversos aspectos de la planta y durante el proceso. La alimentación de energía eléctrica se usará para encender el sistema de alumbrado así como para arrancar el proceso (encender la maquinaria); el agua es necesaria para el uso de sanitarios y para el equipo de lavado y secado de agroplásticos; la telefonía provee de comunicación al interior y exterior, además de anunciar cualquier emergencia al personal.

- *Agua para servicios y uso de sanitarios:* Se empleará de la toma industrial, de acuerdo a nuestras necesidades.
- *Agua contra incendios:* Se ocupará agua contra incendio a una presión de 100-165 psia según las especificaciones que marca la NOM-002-STPS-2010 que ya se enunció anteriormente y será la cantidad requerida igualmente de acuerdo a nuestras necesidades.
- *Alimentación de energía eléctrica:* Con respecto a la energía eléctrica, debido a que el lugar propuesto para la planta es un parque industrial, la red eléctrica se encuentra ya instalada.

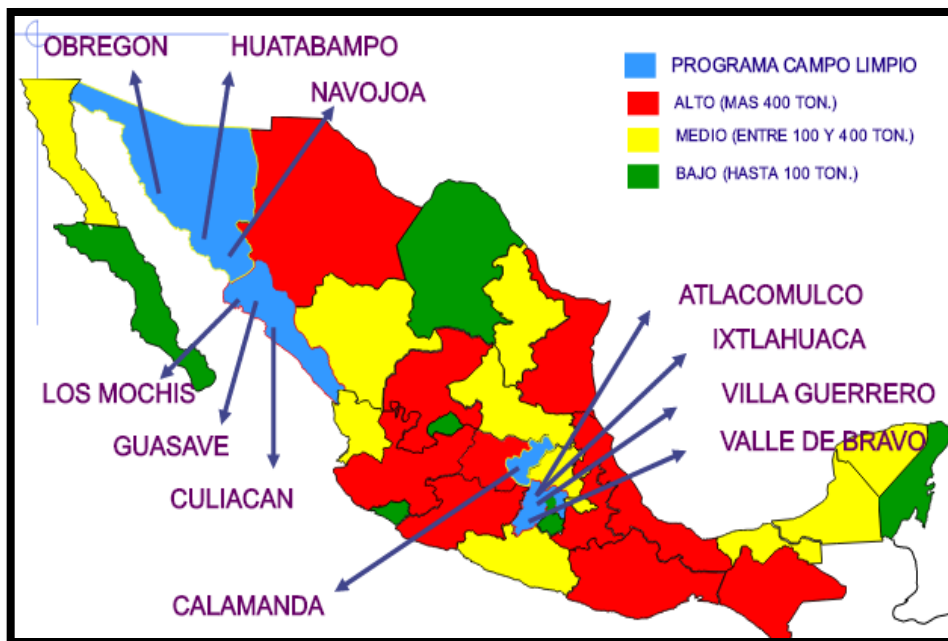
- *Red de comunicación:* Se contratará un servicio de comunicación y voceo para una posible emergencia y para las distintas áreas, también se instalará un sistema de C.C.T.V. (Closed Circuit Television) en las zonas críticas.

IV.11. Ubicación geográfica de los centros de acopio de plásticos agrícolas en México.

La ubicación geográfica de los Centros de Acopio dentro de la república se muestra del *Mapa IV.11.1.* hasta los *Mapas IV.11.2.6.*

IV.11.1. Centros de acopio de envases agroquímicos ubicados actualmente en México.

El *Mapa IV.11.1* muestra únicamente la ubicación de los centros de acopio para envases agroquímicos en toda la república.



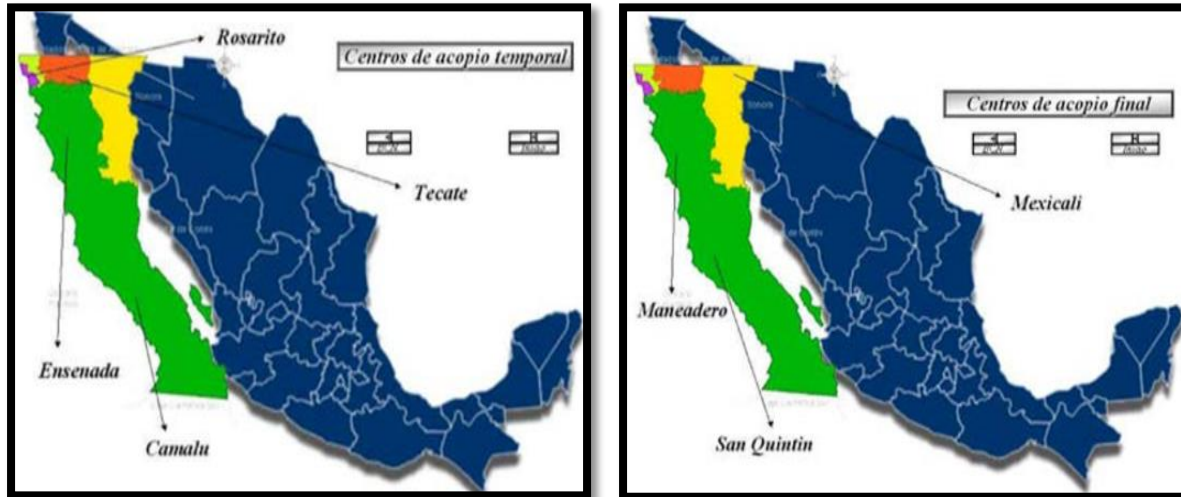
*Mapa IV.11.1. Centros de acopio actuales de recipientes de agroquímicos en México*³⁸

³⁸ Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria (AMIFAC); *Programa de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos: Conservemos un Campo Limpio*; ppt ejecutiva, p. 39. (Este tipo de material no lo tomaremos en cuenta en el reciclaje pero forma parte de residuos plásticos agrícolas).

IV.11.2. Centros de acopio de plásticos agrícolas en general en México.

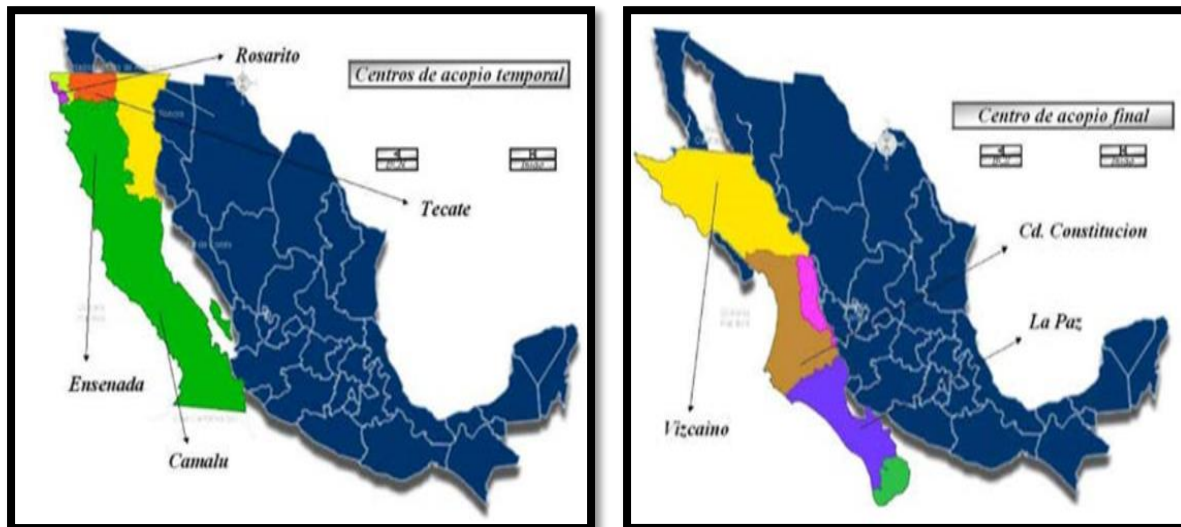
De los Mapas IV.11.2. hasta los Mapas IV.11.2.6. se ubican los centros de acopio para agroplásticos usados en la agricultura protegida.

BAJA CALIFORNIA



Mapas IV.11.2.1 Centros de Acopio Temporal y Final respectivamente en Baja California.³⁹

BAJA CALIFORNIA SUR

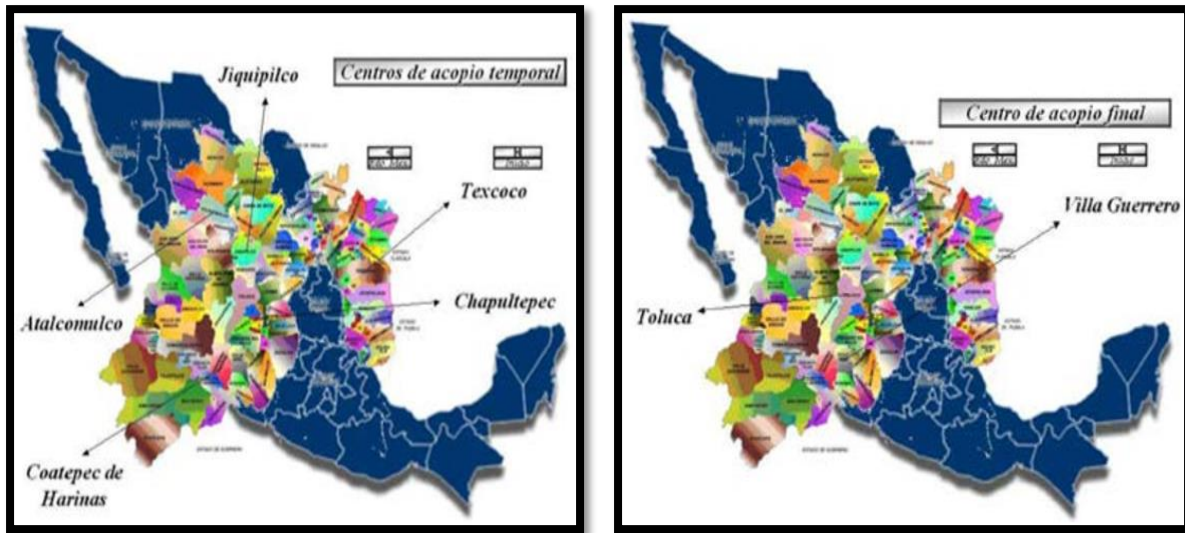


Mapas IV.11.2.2. Centros de Acopio Temporal y Final respectivamente en B. California Sur.⁴⁰

³⁹ Gilberto Gómez Priego, Rodolfo Arellano Bonilla; *Plan de Manejo Integral de Plásticos para la Agricultura*, Plan e-book de Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas Mexicanos (ARPAM), México 2014. Anexo II.

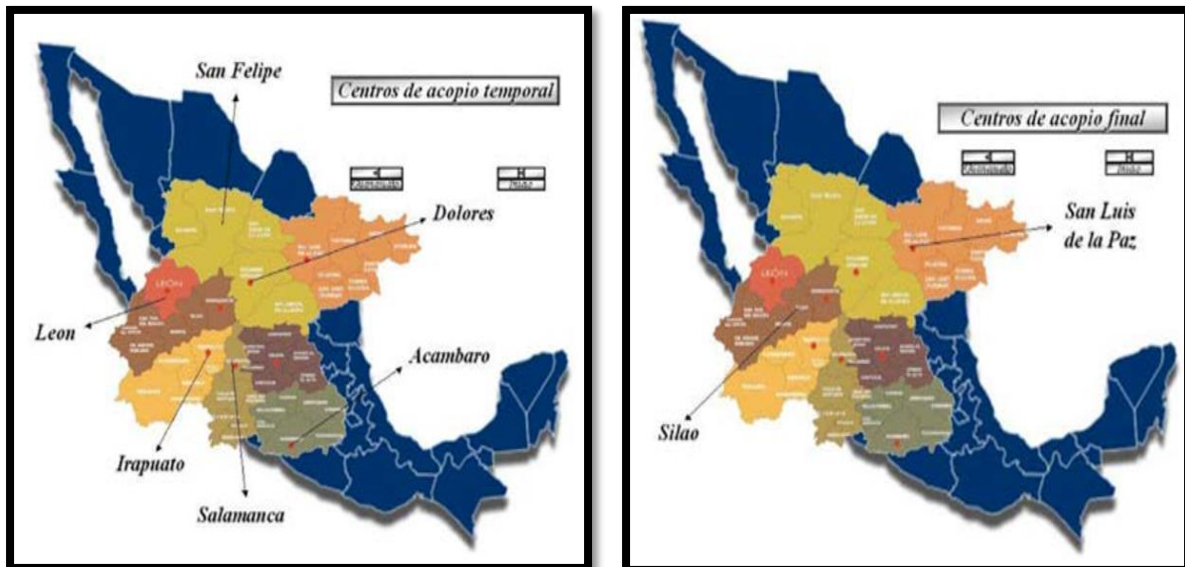
⁴⁰ *Ibidem*.

ESTADO DE MÉXICO



Mapas IV.11.2.3. Centros de Acopio Temporal y Final respectivamente en Edo. Méx.⁴¹

GUANAJUATO

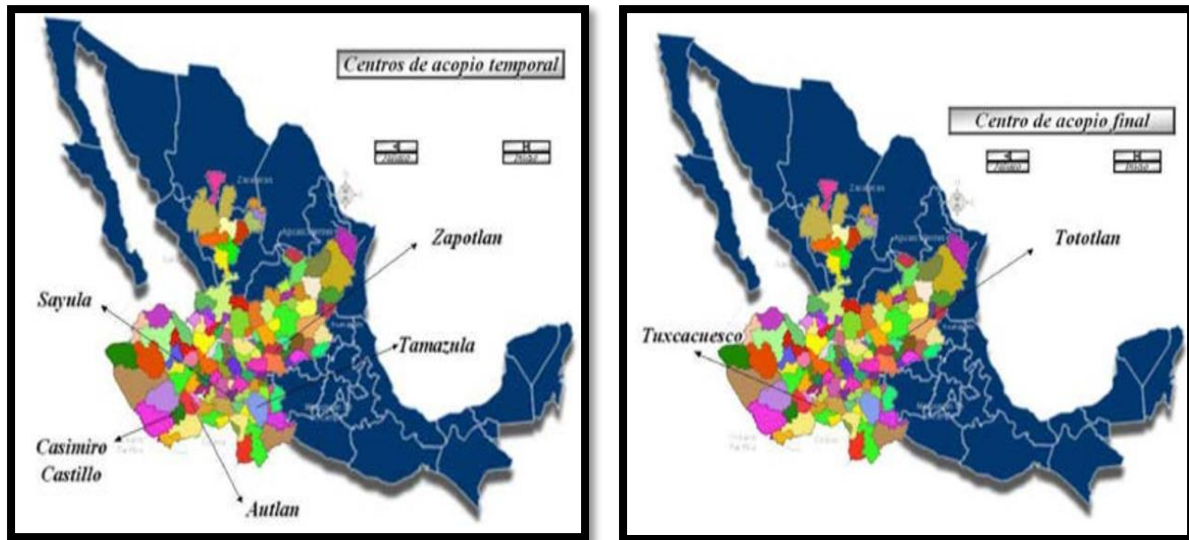


Mapas IV.11.2.4. Centros de Acopio Temporal y Final respectivamente en Guanajuato.⁴²

⁴¹ Ibídem.

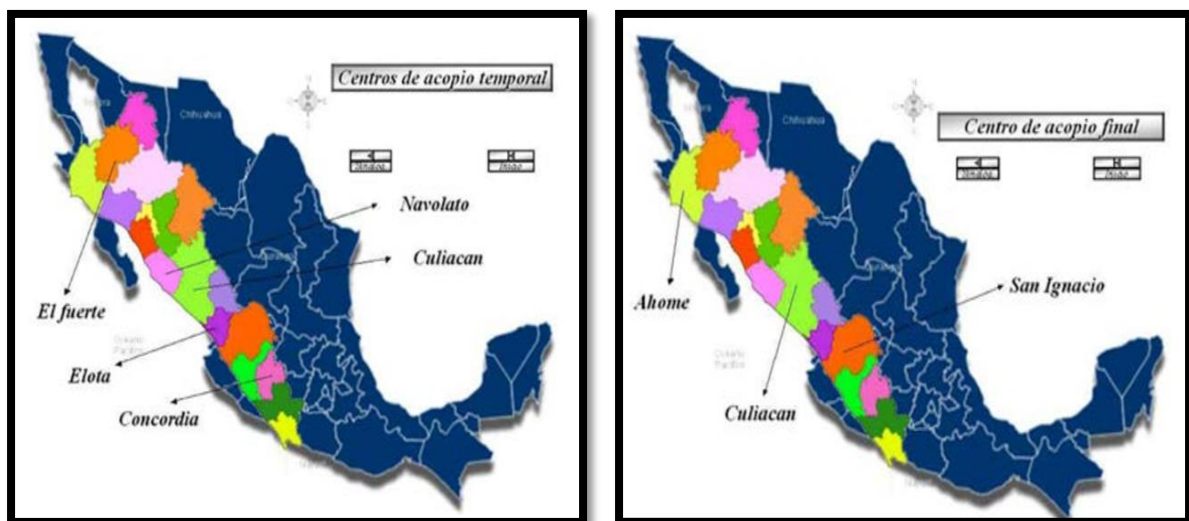
⁴² Ibídem.

JALISCO



Mapas IV.11.2.5. Centros de Acopio Temporal y Final respectivamente en Jalisco.⁴³

SINALOA



Mapas IV.11.2.6. Centros de Acopio Temporal y Final en Sinaloa.⁴⁴

⁴³ Ibídem.

⁴⁴ Ibídem.

V. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL RECICLAJE DE AGROPLÁSTICOS.

En la *Figura IV* se presenta el diagrama de flujo de procesos de la planta recicladora propuesta donde se nombran e indican los flujos del F1 al F7 (ver página 26 para saber el valor numérico en Ton/h) y equipos involucrados, así como su papel en el proceso.

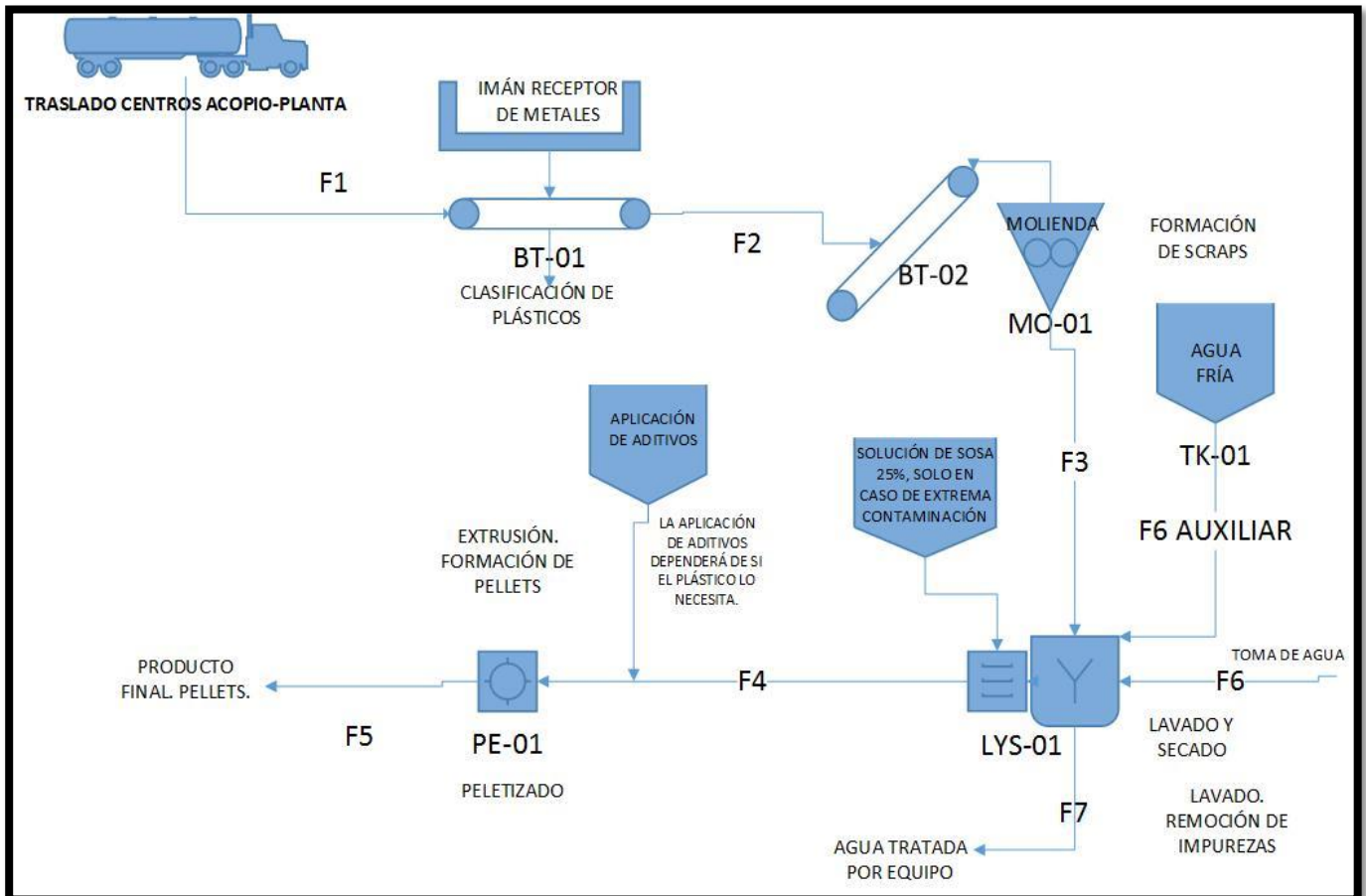


Figura V. Diagrama de flujo de procesos del reciclaje de agroplásticos. Fuente: Elaboración propia.

VI. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Los agroplásticos serán recolectados en las zonas de agricultura protegida, para posteriormente seguir un proceso de empaclado y flejado de acuerdo a las características de cada uno, para posteriormente ser trasladado a la planta recicladora donde iniciará su proceso. Dentro de la planta los materiales serán clasificados.

VI.1. Separación y clasificación

En principio se espera procesar agroplásticos de un solo tipo de material, el cual será Polietileno de baja densidad (LDPE), sin embargo no se descarta la posibilidad de recibir diferentes tipos de plásticos. Por lo anterior, se considera habilitar procesos de reconocimiento de ser necesarios, es decir, rasgado del material, lo que permite reconocer a los plásticos por la dificultad y la profundidad de la marca dejada. Por ejemplo el Poliestireno (PS) al ser rasgado no se marca como el Policloruro de vinilo (PVC) o el Polipropileno (PP)⁴⁵.

El reciclado se inicia con la clasificación de los residuos. Debido a la incompatibilidad de las propiedades fisicoquímicas de los diferentes tipos de plásticos y su dificultad para separarlos, esta etapa es fundamental. Se han desarrollado técnicas avanzadas para mejorar la clasificación ya que de ello depende la calidad del producto final. Por ejemplo: pequeñas cantidades de PVC reducen de manera muy significativa el valor comercial del Polietileno tereftalato (PET).

Tomando en cuenta que el proceso de clasificación puede llevarse a cabo en forma manual, es indispensable contar con equipo de seguridad adecuado para proteger al personal que realiza esta labor al exponerse a pequeñas cantidades de agroquímicos.

Según el uso que se le da al agroplástico en los cultivos, tendrá una diferente degradación, entonces la clasificación nos ayudara a determinar el tipo de calidad que se puede obtener tomando en cuenta el uso de origen.

VI.2. Molienda

En esta etapa, el material es introducido al molino (*Figura VI.2.2.*), cortado y reducido de tamaño, hasta obtener hojuelas conocidas como *scraps*⁴⁶, de un tamaño aproximado a un centímetro.

⁴⁵ Ver Anexo I. Código SPI de los Plásticos Reciclables.

⁴⁶ Por su traducción al español significa *pedacito, recorte o pizca*.

Como se representa en la *Figura VI.2.1.*, se introduce el plástico seleccionado en la tolva de alimentación; luego es triturado mediante cuchillas que giran en un eje axial impulsadas por un motor eléctrico y una banda de transmisión y la acción de cuchillas fijas que son las contrapartes de las rotatorias.

Cuando el tamaño ha alcanzado un centímetro o menos, caen por gravedad a través de las perforaciones que se encuentran en la parte inferior del molino, hacia el depósito final.

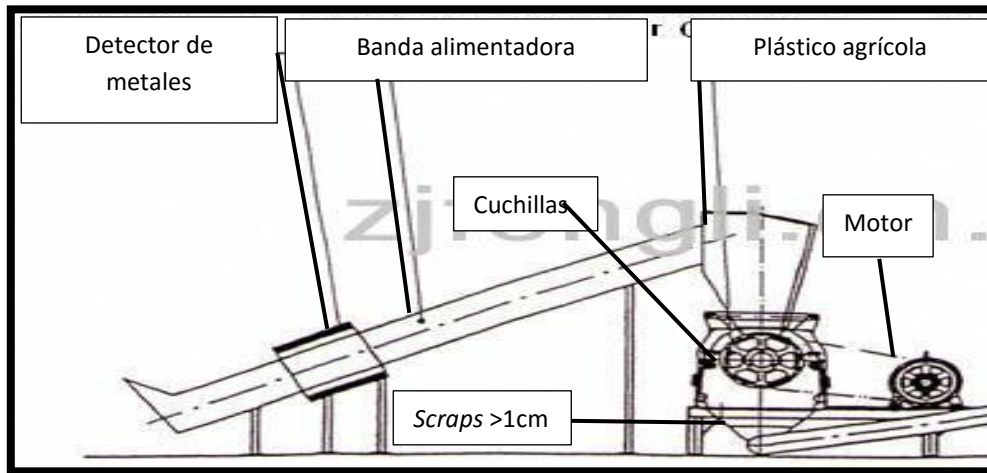


Figura VI.2.1. Proceso de molienda.⁴⁷



Figura VI.2.2. Equipo de molienda, molino (MO-01).⁴⁸

⁴⁷ Alibaba TM, Global trade starts here. Fecha de consulta: Febrero 2016. Sitio web: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/cxj-500-super-fine-fiber-paper-mill-pulp-mill-1108334418.html>

⁴⁸ Hoja de datos de procesos para molinos, Proveedor: TECNOREC, Tecnologías y Plantas de Reciclado S. A. de C. V. Cotización No. C27052015-115. Guadalajara, Jalisco a 27 de Mayo 2015.

VI.3. Lavado

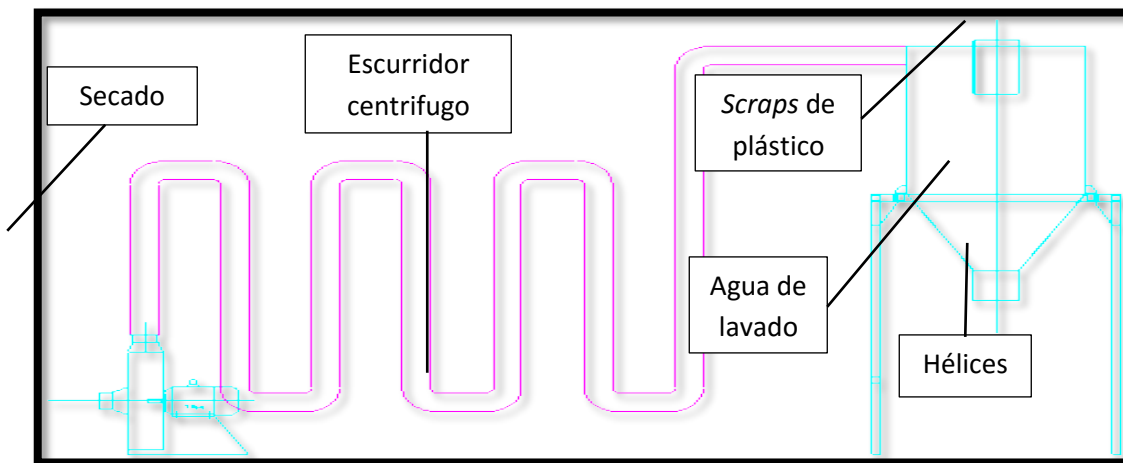
En esta etapa, representada en la *Figura VI.4.1.*, se separan remanentes de suciedad de las hojuelas trituradas de plástico tales como tierra o trazas de agroquímicos, etc. Como solución de lavado se utiliza agua y en caso de que el material este muy contaminado, puede usarse sosa cáustica al 50%. El agua se usa para eliminar grasas y otros elementos físicos (etiquetas, pegamento, etc). La sosa cáustica se usa para eliminar restos orgánicos si estos existen.

Finalmente es enjuagado con agua fría para retirar los restos de materiales removidos y la sosa cáustica. Debido a que el equipo de lavado y secado que consideramos está prediseñado por el proveedor (*Figura VI.4.2.*), incluye un sistema de clarificado y recirculado para maximizar el uso del agua.

El lavado es importante porque determina la calidad del scrap que resulte, ya que influye en el precio de venta o bien en el uso del producto final.

VI.4. Secado

Una vez limpio, el scrap es secado en el mismo equipo LYS-01, con el objeto de retirarle los restos de humedad. Esta labor se realiza utilizando primero un escurridor centrífugo para separar el agua y se procede a secar los scraps con aire caliente para reducir hasta aproximadamente 0.5% la humedad final (recomendada y autorizada).



*Figura VI.4.1. Proceso de lavado y secado.*⁴⁹

⁴⁹ *Maquinaria de reciclaje*; Fecha de consulta: Febrero 2016; Sitio web: <http://www.maquinariadereciclaje.com/index.php/catalogo-de-maquinas/26-reciclar-pet>.



Figura VI.4.2. El proceso de lavado y secado están en un mismo equipo (LYS-01).⁵⁰

VI.5. Aplicación de aditivos

Previo al pelletizado, de ser necesario son adicionados aditivos para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y de proceso. Aunque el proceso de reciclado (fusión y solidificación) puede repetirse varias veces, cada vez que se lleva a cabo, el plástico tiende a perder entre el 5 y 10% de sus propiedades mecánicas, tales como elongación, tenacidad y resistencia al impacto. Por esta razón, deben restituirse dichas propiedades mediante aditivos, tales como modificadores de impacto, estabilizadores al calor, absorbedores de luz ultravioleta y cargas.

El aditivo que tomaremos en cuenta para mejorar propiedades de nuestro producto es el *2,2',4,4'-tetrahidroxibenzofenona*, mencionado anteriormente. Es un estabilizador de la luz eficaz para proteger plásticos, pinturas, adhesivos y cosméticos. Es usado para proteger el material de la degradación ocasionada por los rayos UV, este producto absorbe la luz ultravioleta.

VI.6. Extrusión

El proceso (*Figura VI.6.*) consiste de un mecanismo de tornillo que empuja el termoplástico caliente a través de una boquilla abierta que produce formas continuas como películas, barras, tubos, perfiles y filamentos. Se suele emplear el objeto extruido introduciéndolo en un baño de temple, o se coloca en una banda transportadora, lo que permite su enfriamiento mediante aireación. La diferencia entre el moldeo por inyección y la extrusión es que en este último proceso, se hace pasar el plástico fluido por un molde que tiene la forma del objeto deseado.

⁵⁰ Hoja de datos de procesos para lavadora y secadora, Proveedor: TECNOREC, Tecnologías y Plantas de Reciclado S. A. de C. V. Cotización No. C27052015-115 Guadalajara, Jalisco a 27/05/2015.

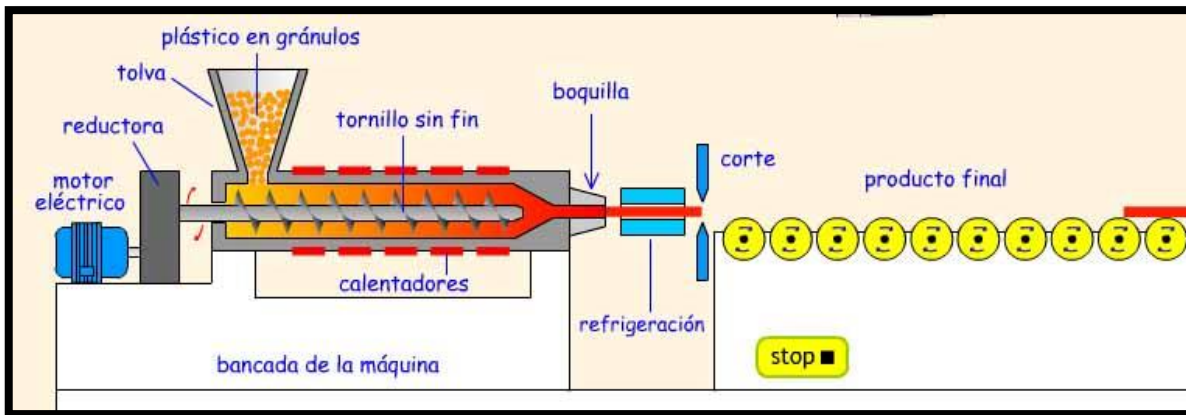


Figura VI.6. Proceso de extrusión.⁵¹

VI.7. Peletizado

Una vez definido el significado de *proceso de extrusión*, se propone el peletizado, por el cual se obtienen los pellets mediante una operación de extrusión.

Se fluidiza el scrap utilizando un mecanismo de extrusión, que en términos simplificados es un tornillo sinfín dentro de un cilindro largo. Se introduce el material en el extremo de diámetro mayor del equipo y se comprime mientras se lleva hacia la boquilla. El calor combinado de la fricción producida por el flujo y de las bandas de calefacción provoca la fundición de los scraps, extrayéndolo de la mezcla los contaminantes volátiles que podrían estar muy incrustados en el material, como productos agroquímicos. Inmediatamente antes de la boquilla, la mezcla fundida pasa a través de una malla fina que separa las impurezas sólidas restantes; este paso se conoce como filtración de fundido.

La temperatura debe ser constante a lo largo del extrusor, para lo cual se calienta con una resistencia eléctrica y mediante un serpentín se mantiene la temperatura necesaria (serpentín de agua).

El plástico homogeneizado pasa a través de una malla metálica para retener cualquier impureza o elemento extraño. A continuación, el plástico fundido pasa por un molde con orificios que ocasiona la salida de “fideos” de plástico. Este material se solidifica al enfriarse. Para bajar más la temperatura se le hace pasar por una tina con agua y posteriormente, mediante unos rodillos, estos “fideos” son transportados hacia una cortadora donde se obtienen los “*pellets*” con una longitud de entre 8 a 10 mm (Figura VI).

⁵¹ Artículo “Polímeros. Procesos de conformado de productos plásticos: Extrusión”,
 Fecha de consulta: 17 de enero 2016. Sitio web:
http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1094/html/1_polmeros.html.

Los *pellets* se pasan a un secador centrífugo para alcanzar un contenido de humedad de 0,5%; luego son pesados, empaquetados y almacenados para su transporte hasta entregar al cliente, quien dará un nuevo uso al plástico.



Figura VI.7. Peletizado, el scrap pasa a extruido para salir en forma de "fideos" que son cortados en pellets.⁵²

VII. CRITERIOS DE DISEÑO DE LA PLANTA.

A continuación se plantean las reglas heurísticas que ayudan de alguna manera a facilitar la realización adecuada de este proyecto. Estas reglas son valores que al paso del tiempo han sido modificadas para simplificar el trabajo de la ingeniería y, dependiendo del proceso se debe hacer buen uso de ellas.

VII.1. Criterios en la alimentación

- El agroplástico de desecho, que es nuestra materia prima, será almacenado en una bodega, para su posterior ingreso al proceso. Mediante un sistema de bandas se conducirá la etapa de limpieza, previamente pasará por un magneto para retirar cualquier tipo de pieza metálica remanente después de la recolección, esto con objeto de cuidado en los equipos.
- El agua que se utilizará en la alimentación del equipo de lavado deberá ser controlado para evitar alto contenido en minerales, lo que puede provocar incrustaciones en el equipo.

⁵² Alibaba TM, Global trade starts here. Fecha de consulta: Febrero 2016. Sitio web: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/natureworks-ingeo-plastic-pla-resin-pellets-plastic-hdpe-ldpe-ldpe-pp-white-masterbatch-pla-pellets--60239767161.html>.

- No es necesario que la temperatura del agua para la etapa de lavado sea elevada, ésta puede estar en un rango de 18 a 25°C, el equipo es eficiente aun con agua fría.

VII.2. Criterios de operación de la planta.

- Los plásticos para reciclar se obtendrán de las zonas con agricultura protegida activa del estado de Jalisco. La generación de éstos residuos es continua, pues regularmente se cultivan diferentes tipos de cosechas de acuerdo a la temporada del año por lo que es probable que no haya riesgo de mantener la demanda de dicha materia prima, además la posibilidad de que algún desastre natural disminuya la generación del residuo es mínima, más bien la generación aumentaría ya que estos plásticos se encargan de resguardar las cosechas por impactos meteorológicos adversos.
- En caso de posibles bajas en la generación de plásticos agrícolas, se puede compensar la demanda con plásticos residuales de estados vecinos como Sinaloa, que también tiene actividad de agricultura protegida.
- Podemos manejar distintos grados de calidad de plástico reciclado, de acuerdo a la solicitud del cliente y el uso que se le va a dar.

VII.3. Criterios generales del establecimiento.

- Toda la edificación de la planta se debe construir bajo las consideraciones de riesgos debido a la actividad sísmica y desastres naturales que puedan suceder en la región.
- Se deben de considerar todas las medidas de seguridad para prevenir accidentes y poder contrarrestarlos en caso de que ocurran.
- Se deben de considerar áreas de almacenamiento de materia prima, en donde las condiciones de humedad y temperatura estén bajo control con el fin de tener los plásticos resguardados.
- Las tomas de los servicios principales como electricidad, agua y drenaje son ofrecidos por el parque industrial por lo que hay una garantía de suministro.

VII.4. Reglas Heurísticas.

Reglas Heurísticas de Diseño.

Las tuberías serán utilizadas para transportar líquidos y gases en nuestra planta de procesos. Las normas más utilizadas dentro de las tuberías se han elaborado en Estados Unidos, como las normas ANSI (American National Standards Institute) y ASTM (American Society for Testing Materials).

Para tuberías: Se recomienda tubería de acero al carbón cédula 40 de $\frac{3}{4}$ " y 1.5", ya que cumple con el esfuerzo necesario para poder operar en el proceso (además de ser una tubería comercial).

Para presión de diseño: La presión de diseño no será menor que la presión a las condiciones más severas de presión y temperatura coincidentes, externa o internamente, que se espere en operación normal. La condición más severa de presión y temperatura coincidente, es aquella condición que resulte en el mayor espesor requerido y en la clasificación ("rating") más alta de los componentes del sistema de tuberías. Se debe excluir la pérdida involuntaria de presión, externa o interna, que cause máxima diferencia de presión.

Para temperatura de diseño: La temperatura de diseño es la temperatura del metal de la tubería que representa la condición más severa de presión y temperatura coincidentes. Los requisitos para determinar la temperatura del metal de diseño para tuberías son como sigue:

- *Para componentes de tubería con aislamiento externo:* La temperatura del metal para diseño será la máxima temperatura de diseño del fluido contenido, en nuestro caso, agua.
- *Para temperaturas de fluidos menores de 32°F (0°C):* La temperatura del metal para el diseño, será la temperatura de diseño del fluido contenido.
- *Para tuberías aisladas internamente:* La temperatura será especificada o será calculada usando la temperatura ambiental máxima sin viento (velocidad cero).

Espesor de pared: El mínimo espesor de pared para cualquier tubería sometida a presión interna o externa es una función de:

- a) El esfuerzo permisible para el material de la tubería
- b) Presión de diseño
- c) Diámetro de diseño
- d) Diámetro de la corrosión y/o erosión

El espesor de pared de un tubo sometido a presión externa es función de su longitud, pues ésta influye en la resistencia al colapso del ducto. El mínimo espesor de pared de cualquier tubería debe incluir la tolerancia apropiada de fabricación.

La tubería seleccionada es de acero al carbón cédula 40 de $\frac{3}{4}$ " y 1.5", la norma que nos aplica es la ASTM A53 que cuenta con las especificaciones necesarias.

- **Norma ASTM A53:** La ASTM A53 es una aleación de acero al carbón, que se utiliza como el acero estructural o para tuberías de baja presión. Las especificaciones de aleación son establecidos por ASTM Internacional, en la especificación ASTM A53 / A53M.

El acero al carbón es un compuesto de hierro (Fe) con un porcentaje de carbono menor del 1.7% (habitualmente entre 0.3 a 0.4%) y cantidades pequeñas y variables de Manganeso (Mn), Fósforo (P), Azufre (S) y Silicio (Si). Es resistente a altas temperaturas y al choque; tiene resiliencia, tenacidad, mecanizabilidad y sobre todo es forjable y soldable.

En el caso del acero al carbón, la tolerancia para el espesor de pared es de 12.5%, es decir, la tubería puede tener un espesor un 12.5% menor del que le corresponde en la bibliografía.

La tolerancia en el diámetro exterior de las tuberías es tan pequeña, que no se considera. Esta tubería comúnmente se surte en tramos de 6 a 6.4 m de longitud como medida estándar.

En la *Tabla VII.4.1.* se encuentran las especificaciones ASTM A53 de diámetros y pesos para este tipo de tubería, donde se marcaron las propuestas para la planta (cédula 40 de $\frac{3}{4}$ " y 1.5").

En la *Tabla VII.4.2.* se indica la composición química de la tubería del tipo ASTM A53. También se presentan propiedades mecánicas del material y especificaciones para la Cédula 40 en ambos espesores (3/4" y 1.5").

Tabla VII.4.2. Propiedades y especificaciones de tubería cédula 40 (ASTM A53).⁵⁴

Propiedades y especificaciones de tubería Cédula 40 (ASTM A53)				
Propiedades Químicas	Composición			
	C (máx)	Mn	P (máx)	S (máx)
	0.25	0.95	0.05	0.06
Propiedades Mecánicas	Punto de fluencia		Resistencia a la tensión	
	psi	Kg/mm ²	psi	Kg/mm ²
	30000	21.09	48000	33.75
Especificaciones	D. Nominal 3/4"		D. Nominal 1.5"	
	Espesor de pared (pulg)	Presión prueba hidrostática (lb/pulg ² , Kg/cm ²)	Espesor de pared (pulg)	Presión prueba hidrostática (lb/pulg ² , Kg/cm ²)
	0.113	700, 49	0.145	1200, 84

VII.5. Previsión de ampliaciones futuras.

Como ya se mencionó en el *Capítulo I*, la agricultura protegida es una actividad que en los últimos años ha tenido un crecimiento de más del 20% anual.⁵⁵ Debemos considerar ampliaciones de la planta para evitar saturación de materia prima en el área de almacén. El parque industrial cuenta con más de una nave en el lugar de nuestra elección por lo que no será problema solicitarla para usarse como almacén.

⁵⁴ Perfi-tubos, Pipe's Solution; *Ficha técnica: Tuberías acero al carbón*; Monclova, Coahuila y Apodaca, Nuevo León; Sitio web: www.perfi-tubos.com.mx, p.p. 10; consulta: marzo 2016, <http://www.perfi-tubos.com.mx/pdf/tdaac.pdf>.

⁵⁵ SAGARPA, *Agricultura protegida 2012*, (consulta: marzo 2015). <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-Protegida2012.aspx>.

VIII. BENEFICIOS ESPERADOS

VIII.1. Ambientales.

- El beneficio inmediato sería el retiro de más de 250 mil toneladas de residuos de los ecosistemas, una vez consolidado el proyecto a nivel nacional.
- Reducción de gases de efecto invernadero al evitar la quema a cielo abierto de plásticos contaminados con agroquímicos.
- Con el reciclaje de dos toneladas de plástico usado se ahorra una tonelada de petróleo crudo y gran cantidad de agua.

VIII.2. Tecnológicos y Económicos.

- Se necesita menos energía para fabricar un producto de material reciclado. Para los plásticos agrícolas, solo se ocupa un 20% de la energía requerida para crearlo por primera vez. En resumen, un gran ahorro de costos.
- El potencial técnico y económico de los residuos generados es tal, que el reciclaje de plásticos, en específico el de los agrícolas puede convertirse en un gran polo de desarrollo, fuente de empleos y una opción de diversificación para las regiones agrícolas del país.

IX. HOJAS DE DATOS DE LOS EQUIPOS.⁵⁶

Las hojas de datos de los equipos presentan una tabla por cada equipo requerido para el proceso de reciclaje donde se ordenan todos los datos técnicos, de capacidad y dimensiones del equipo. Ver hojas de datos de todos los equipos en Anexo II.

X. DIAGRAMA DE SERVICIOS AUXILIARES.⁵⁷

Este diagrama muestra en que parte del proceso es requerido un servicio auxiliar y en qué equipo es introducido. Ver diagrama de servicios auxiliares en Anexo III.

XI. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN.⁵⁸

En este apéndice, está el diagrama detallado de la instrumentación recomendada para los equipos, así como las tuberías indicadas por codificación para la planta propuesta. Ver diagrama de servicios auxiliares en Anexo III.

XII. PLOT PLAN.⁵⁹

El Plot Plan es un mapa visto desde arriba donde se muestra el terreno a escala propuesta para la instalación de la planta, además en él se detalla con exactitud la localización y distribución de equipos, área de procesos y producción, área de descarga y almacenamiento, oficinas, estacionamiento, entradas, salidas de emergencia, etc. Ver diagrama de servicios auxiliares en Anexo III.

XIII. DIAGRAMA DE DESFOGUES.

Debido a que nuestro flujo a lo largo del proceso es un material sólido, no peligroso al contacto con el aire e inocuo para el personal que lo maneje, la elaboración del diagrama de desfogues es innecesario para nuestra propuesta de planta recicladora de plásticos agrícolas.

⁵⁶ Hoja de datos de procesos, elaboración propia de acuerdo a información técnica del proveedor. Proveedor: TECNOREC, Tecnologías y Plantas de Reciclado S. A. de C. V.

⁵⁷ Fuente: Elaboración propia.

⁵⁸ *Ibidem*.

⁵⁹ *Ibidem*.

XIV. CONSIDERACIONES GENERALES DE SEGURIDAD OPERACIONAL.

De acuerdo al cumplimiento de la NOM-030-STPS-2009, las funciones y actividades que deberán realizar los servicios preventivos de seguridad y salud para accidentes y enfermedades de trabajo; dentro de los que se encuentra:

- Creación de un Comité Interno de Seguridad e Higiene, de conformidad con lo solicitado por la Secretaría de Protección Civil.
- Controles operacionales y administrativos gestionados a través de los procedimientos internos.
- Servicio Médico, quien observa los temas relacionados con Seguridad Ocupacional e Higiene.
- Evidencia que acredite el Diagnóstico de Seguridad y Salud en el trabajo, tales como: estudios; programas; procedimientos; medidas de seguridad; acciones de reconocimiento, evaluación y control de los agentes contaminantes del medio ambiente laboral; seguimiento a la salud de los trabajadores; equipo de protección personal; capacitación; autorizaciones, y registros administrativos.
- Identificación de las condiciones inseguras; de los agentes capaces de modificar el ambiente laboral; de los riesgos circundantes al centro de trabajo, así como de los requerimientos normativos en materia de seguridad y salud en el trabajo que resulten aplicables.
- Cumplimiento con las leyes, normas y reglamentos que establezcan la identificación, manejo y almacenamiento de materiales y sustancias químicas peligrosas; aquellos con características físicas, químicas o biológicas intrínsecas que han sido clasificados como peligrosos para la salud de los trabajadores por su irritabilidad, toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosividad, reactividad o acción biológica.
 - *NOM-047-SSA1-2011*, Salud ambiental. Índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas.
 - *NOM-052-SEMARNAT-2005* Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
 - *NOM-054-SEMARNAT-1993* Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la *NOM-052-SEMARNAT-1993*.
 - *NOM-010-STPS-2014* Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral. Reconocimiento, evaluación y control.

- Elaboración del Plan de Seguridad y Salud en el trabajo, que contiene el conjunto de acciones preventivas y correctivas por instrumentar para evitar riesgos en los centros de trabajo, que puedan afectar la vida, salud e integridad física de los trabajadores o causar daños en sus instalaciones.
- Preparación del programa de capacitación al personal de la empresa que forme parte de los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo, así al personal operativo en general.
- Establecer los mecanismos de respuesta inmediata cuando se detecte un riesgo grave e inminente. (Respuesta ante emergencias).

XV. SEGURIDAD EN INSTALACIONES.

Con objeto de cumplir los requerimientos para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, y de acuerdo al cumplimiento de la NOM-002-STPS-2010 **Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.**

Además de dar conformidad a las Normas Oficiales Mexicanas:

- *NOM-002-STPS-2010*, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- *NOM-007-STPS-2000*, Actividades agrícolas-Instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas-Condiciones de seguridad.
- *NOM-017-STPS-2008*, Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
- *NOM-022-STPS-2008*, Electricidad estática en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.
- *NOM-026-STPS-2008*, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- *NOM-029-STPS-2005*, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.
- *NOM-003-SEGOB-2002*, Señales y avisos para protección civil - Colores, formas y símbolos a utilizar.
- *NOM-106-SCFI-2000*, Características de diseño y condiciones de uso de la contraseña oficial.

- *NOM-154-SCFI-2005*, Equipos contra incendio - Extintores - Servicio de mantenimiento y recarga.

Se debe dar cumplimiento a los siguientes puntos:

- Clasificar el riesgo de incendio del centro de trabajo o por áreas que lo integran, tales como plantas, edificios o niveles, de conformidad con lo establecido por el Apéndice A de la presente norma.
- Contar con un croquis, plano o mapa general del centro de trabajo, o por áreas que lo integran, actualizado y colocado en los principales lugares de entrada, tránsito, reunión o puntos comunes de estancia o servicios para los trabajadores.
- Contar con las instrucciones de seguridad aplicables en cada área del centro de trabajo y difundirlas entre los trabajadores, contratistas y visitantes, según corresponda.
- Cumplir con las condiciones de prevención y protección contra incendios en el centro de trabajo.
- Contar con un plan de atención a emergencias de incendio.
- Contar con brigadas contra incendio en los centros de trabajo clasificados con riesgo de incendio alto.
- Desarrollar simulacros de emergencias de incendio al menos una vez al año
- Elaborar un programa de capacitación anual teórico-práctico en materia de prevención de incendios y atención de emergencias
- Dotar del equipo de protección personal a los integrantes de las brigadas contra incendio
- Contar en las áreas de los centros de trabajo con medios de detección y equipos contra incendio, y con sistemas fijos de protección contra incendio y alarmas de incendio, para atender la posible dimensión de la emergencia de incendio, mismos que deberán ser acordes con la clase de fuego que pueda presentarse (PQS en el área de almacén y CO₂ e hidrantes en las áreas operativas)
- Contar con instrucciones de seguridad aplicables en cada área del centro trabajo al alcance de los trabajadores, incluidas las relativas a la ejecución de trabajos en caliente en las áreas en las que se puedan presentar incendios, y supervisar que éstas se cumplan.
- Elaborar un programa de revisión mensual de los extintores, y vigilar que los éstos cumplan con las condiciones siguientes:
 - a) Que se encuentren en la ubicación asignada en el plano y que estén instalados conforme a lo previsto.

- b) Que su ubicación sea en lugares visibles, de fácil acceso y libres de obstáculos.
 - c) Que se encuentren señalizados, de conformidad con lo que establece la NOM-026-STPS-2008 o la NOM-003-SEGOB-2002.
 - d) Que cuenten con el sello o fleje de garantía sin violar.
 - e) Que la aguja del manómetro indique la presión en la zona verde (operable), en el caso de extintores cuyo recipiente esté presurizado permanentemente y que contengan como agente extintor agua, agua con aditivos, espuma, polvo químico seco, agentes limpios o químicos húmedos.
 - f) Que mantengan la capacidad nominal indicada por el fabricante en la etiqueta, en el caso de extintores con bióxido de carbono como agente extintor.
 - g) Que no hayan sido activados, de acuerdo con el dispositivo que el fabricante incluya en el extintor para detectar su activación, en el caso de extintores que contengan como agente extintor polvo químico seco, y que se presurizan al momento de operarlos, por medio de gas proveniente de cartuchos o cápsulas, internas o externas.
 - h) Que se verifiquen las condiciones de las ruedas de los extintores móviles.
 - i) Que no existan daños físicos evidentes, tales como corrosión, escape de presión, obstrucción, golpes o deformaciones.
 - j) Que no existan daños físicos, tales como roturas, desprendimientos, protuberancias o perforaciones, en mangueras, boquillas o palanca de accionamiento, que puedan propiciar su mal funcionamiento. El extintor deberá ser puesto fuera de servicio, cuando presente daño que afecte su operación, o dicho daño no pueda ser reparado, en cuyo caso deberá ser sustituido por otro de las mismas características y condiciones de operación.
 - k) Que la etiqueta, placa o grabado se encuentren legibles y sin alteraciones.
 - l) Que la etiqueta cuente con la siguiente información vigente, después de cada mantenimiento.
- Establecer y dar seguimiento a un programa anual de revisión y pruebas a los equipos contra incendio, a los medios de detección y, en su caso, a las alarmas de incendio y sistemas fijos contra incendio
 - Establecer y dar seguimiento a un programa anual de revisión a las instalaciones eléctricas de las áreas del centro de trabajo, con énfasis en aquellas clasificadas como de riesgo de incendio alto, a fin de identificar y corregir condiciones inseguras que puedan existir, el cual deberá comprender, al menos, los elementos siguientes:
 - Tableros de distribución;
 - Conductores;

- Canalizaciones, incluyendo los conductores y espacios libres en éstas;
 - Cajas de conexiones;
 - Contactos;
 - Interruptores;
 - Luminarias
 - Protecciones, incluyendo las de cortocircuito -fusibles, cuchillas desconectadoras, interruptor automático, dispositivos termo-magnéticos, entre otros-, en circuitos alimentadores y derivados.
 - Puesta a tierra de equipos y circuitos.
- Establecer y dar seguimiento a un programa anual de revisión a las instalaciones de gas licuado de petróleo y/o natural, a fin de identificar y corregir condiciones inseguras que puedan existir, mismo que deberá contener, al menos, los elementos siguientes:
 - a) La integridad de los elementos que componen la instalación, y
 - b) La señalización de las tuberías de la instalación, misma que deberá conservarse visible y legible, conforme a lo establecido por la NOM-026-STPS-2008.
- Contar, en su caso, con la señalización que prohíba fumar, generar flama abierta o chispas e introducir objetos incandescentes, cerillos, cigarrillos o, en su caso, utilizar teléfonos celulares, aparatos de radiocomunicación, u otros que puedan provocar ignición por no ser intrínsecamente seguros, en las áreas en donde se produzcan, almacenen o manejen materiales inflamables o explosivos. Dicha señalización deberá cumplir con lo establecido por la NOM-026-STPS-2008 o la NOM-003-SEGOB-2002
 - Contar con señalización en la proximidad de los elevadores, que prohíba su uso en caso de incendio, de conformidad con lo establecido en la NOM-003-SEGOB-2002
 - Prohibir y evitar el bloqueo, daño, inutilización o uso inadecuado de los equipos y sistemas contra incendio, los equipos de protección personal para la respuesta a emergencias, así como los señalamientos de evacuación, prevención y de equipos y sistemas contra incendio, entre otros.
 - Adoptar las medidas de seguridad para prevenir la generación y acumulación de electricidad estática en las áreas donde se manejen materiales inflamables o explosivos, de conformidad con lo establecido en la NOM-022-STPS-2008. Asimismo, controlar en dichas áreas el uso de herramientas, ropa, zapatos y objetos personales que puedan generar chispa, flama abierta o altas temperaturas.
 - Contar con las medidas o procedimientos de seguridad, para el uso de equipos de calefacción, calentadores, hornos, parrillas u otras fuentes de calor, en las

áreas donde existan materiales inflamables o explosivos, y supervisar que se cumplan.

- Contar con rutas de evacuación que estén señalizadas en lugares visibles, de conformidad con lo dispuesto por la NOM-026-STPS-2008 o la NOM-003-SEGOB-2002, que se encuentren libres de obstáculos que impidan la circulación de los trabajadores y demás ocupantes; que dispongan de dispositivos de iluminación de emergencia que permitan percibir el piso y cualquier modificación en su superficie, cuando se interrumpa la energía eléctrica o falte iluminación natural; que la distancia por recorrer desde el punto más alejado del interior de una edificación, hacia cualquier punto de la ruta de evacuación, no sea mayor de 40 m. En caso contrario, el tiempo máximo de evacuación de los ocupantes a un lugar seguro deberá ser de tres minutos; que las escaleras eléctricas sean consideradas parte de una ruta de evacuación, previo bloqueo de la energía que las alimenta y de su movimiento; que los desniveles o escalones en los pasillos y corredores de las rutas de evacuación estén señalizados, de conformidad con la NOM-026-STPS-2008 o la NOM-003-SEGOB-2002; y que en el recorrido de las escaleras de emergencia exteriores de los centros de trabajo de nueva creación, las ventanas, fachadas de vidrio o cualquier otro tipo de aberturas, no representen un factor de riesgo en su uso durante una situación de emergencia de incendio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La planta propuesta es una solución para la reducción de la contaminación ambiental y visual provocada por residuos abandonados y/o incinerados de las zonas agrícolas del país.

Se puede comprobar que el reciclaje de estos residuos, puede tener un alcance que contribuye de una manera muy significativa para sumar esfuerzos para resolver la problemática de los plásticos abandonados en tiraderos clandestinos expuestos a ser quemados a cielo abierto, con el riesgo de liberar los restos de agroquímicos impregnados que se desprenden por una mala combustión.

De forma paralela, existe otro beneficio en la propuesta, ya que también contribuye al uso racional de los recursos no renovables y la evaluación de la viabilidad muestra que la propuesta sienta las bases de un nicho de oportunidades para generar empleos en todos los estados de la república donde se practica la agricultura protegida. La planta que se diseño tiene la ventaja de la viabilidad para ser instalada en cualquier otro estado de la misma manera que se propone para el estado de Jalisco, considerando que hay estados con mayor actividad agrícola y por consiguiente mayor producción de agroplásticos, lo que puede catapultar este proyecto.

CONCLUSIONES.

Se cumplieron los objetivos planteados, se diseñó una Planta Recicladora de Plásticos Agrícolas de 3 Ton/h para procesar diferentes tipos de plásticos que se utilizan en la agricultura protegida en diversos cultivos a lo largo de la república mexicana.

Como resultado del presunto trabajo se pudo documentar la ubicación geográfica de los centros de acopio de plásticos agrícolas y la localización de las 13 plantas recicladoras existentes actualmente en el país.

Se terminó el diseño de la ingeniería del proyecto basándose en residuos de película de polietileno de alta densidad (LDPE) y tomando en cuenta las bases y criterios de diseño de equipos y maquinaria requerida para el proceso, así como de la instrumentación y tuberías, sin dejar de lado el cumplimiento de la normatividad vigente en materia de seguridad e higiene y normas ambientales.

Finalmente, se concluye que la planta de reciclaje propuesta presenta una gran factibilidad económica, ya que la inversión puede ser recuperada aproximadamente en un año si se respetan los criterios de alimentación y producción estipulados, teniendo una buena utilidad mensual.

RECOMENDACIONES.

La propuesta planteada para el diseño de la planta recicladora tiene como intención llevarse a la realidad por la Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas de México A.C. (ARPAM), a continuación se enumeran algunas recomendaciones:

- Realizar diagnósticos exhaustivos de los tipos de agroplásticos (mallas, acolchados, invernadero, túneles, rafia, charolas hortícolas, etc.) usados para los diversos cultivos en la república, así como del tipo de plástico (LDPE, PP, PS, etc.) del que están elaborados para garantizar la calidad del producto final.
- Actualizar los datos geográficos necesarios de acuerdo a la producción actual del residuo, así como los precios y costos de reciclaje y las cotizaciones aquí presentadas, si es posible mejorarlas.
- Realizar un estudio de los agroplásticos después de cumplir su objetivo de proteger a los cultivos, para así identificar la degradación que este tendría según el tipo de uso que se le dio. De esta manera se puede precisar cuándo es necesario agregar aditivos y que tipo de aditivos serán convenientes para elevar la calidad y resistencia del producto plástico final después del reciclado.
- Considerar realizar el análisis químico para identificar los posibles agroquímicos impregnados en los agroplásticos utilizados en cultivos para posteriormente proponer medidas de seguridad y manipulación de estos.

Observaciones para mejorar el proyecto:

- Para lograr una producción óptima y los resultados esperados, será conveniente implementar dos turnos laborales para garantizar un mejor desempeño por parte de los empleados y de la maquinaria de la planta.
- Implementar una técnica de *“identificación de tipo de plástico”* a todo el material recolectado para su reciclaje, para evitar mezclas de diferentes tipos de plástico que puedan disminuir la calidad del producto final, ya que estas mezclas alteran las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de un plástico específico.
- Asegurar la recepción de un solo tipo de plástico (LDPE) de las zonas agrícolas que distribuyan su residuo a los centros de acopio, de no ser así, coordinar logísticas que permitan el reciclaje de los distintos tipos de plástico en diferentes lotes, permitiendo así ampliar las opciones de producto final.
- Verificar con otros proveedores la existencia y costo de los equipos necesarios para el proceso, ya que el proveedor no logró cotizar el peletizador sin dejarnos tiempo de localizar otra opción

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRONICAS.








- Alibaba TM, Global trade starts here. Fecha de consulta: Febrero 2016. Sitio web: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/natureworks-ingeo-plastic-pla-resin-pellets-plastic-hdpe-ldpe-ldpe-pp-white-masterbatch-pla-pellets--60239767161.html>.
- AMIFAC. 2006; *Plan de Manejo de Envases Vacíos de Agroquímicos y Afines (PLAMEVAA)*. “Conservemos un Campo Limpio”. Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria AC. México, pp. 53.
- AMIFAC; *Programa de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos: Conservemos un Campo Limpio*; Presentación Ejecutiva, pp. 39.
- Artículo “Polimeros. Procesos de conformado de productos plásticos: Extrusión”, Fecha de consulta: 17 de enero 2016. Sitio web: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1094/html/1_polmeros.html.
- Artículo SAGARPA, *Agricultura protegida 2012*, (consulta: marzo 2015), 3 páginas. Sitio web: <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-Protegida2012.aspx>.
- Artículo: *Tipos de plásticos para invernaderos y estabilizadores*, pp.4; Fecha de consulta: Febrero 2016; Sitio web: <http://documents.mx/documents/tipos-de-plasticos-para-invernaderos-y-estabilizadores.html#>.
- *ASTM A530 / A530M-12, Standard Specification for General Requirements for Specialized Carbon and Alloy Steel Pipe*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012, Sitio web: www.astm.org.
- *Consulta ciudadana de los salarios mínimos profesionales 2016*, Secretaria del Trabajo y Previsión Social (STPS) y Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI). Sitio web: <http://www.conasami.gob.mx/consulta.html>, Última modificación: jueves, 19 de mayo de 2016, por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos
- Demetres Briassoulis, *et al*; *Review, mapping and analysis of the agricultural plastic waste generation and consolidation in Europe*; Waste, management and research, 2013; tel. 31(12) 1262 –1278; pp 17.
Enlace web: http://www.cmic.org/comisiones/Sectoriales/medioambiente/eventos/simposio_residuos/7%20de%20noviembre/1%20Los%20Residuos%20en%20M%C3%A9xico/4%20ResiduosDGSPNR7Nov2012.pdf
Enlace web: http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/transparencia/transparenciafocalizada/residuos/Documents/directorio_residuos.pdf

- *Ficha técnica de 2,2', 4,4'- tetrahidroxibenzofenona*; fecha de consulta: febrero 2016; Sitio web: <http://www.lycusltd.com/Documents/MAXGARD%201000%20-%20Safety%20Data%20Sheet%202015-12-07.pdf>.
- Ficha técnica de sosa cáutica, Fecha de consulta junio 2015, Sitio web: <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/2hsnaoh.pdf>.
- Gilberto Gómez Priego, Rodolfo Arellano Bonilla; *Plan de Manejo Integral de Plásticos para la Agricultura*, Plan e-book de Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas Mexicanos (ARPAM), México 2014.
- Hoja de datos de procesos, Proveedor: TECNOREC, Tecnologías y Plantas de Reciclado S. A. de C. V. Cotización No. C27052015-115 (molino y lavadora), 24052015-115 (banda alimentadora) y 27052015-115 (banda clasificadora) Guadalajara, Jalisco a 27/05/2015.
- Ing. Eugenio Cedillo Portugal, Lic. María Luisa Calzada Sandoval; *La horticultura protegida en México. Situación actual y perspectivas*. Artículo de "Encuentros UNAM", México 2011.
- Ing. Rodolfo Arellano Camacho; *Reciclaje de desperdicios plásticos agrícolas en México*, Proyecto por Reciclados y Servicios del Noreste S. A. de C. V., México Febrero 2013.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). *Anuario de estadísticas por entidad federativa 2011*, México: INEGI, 2011. 596pp.
- Lic. Juan Gerardo Garza, *Administración Contemporánea: Licencias y permisos para iniciar una empresa en México*, pp. 4; Fecha de consulta: Diciembre 2015; Sitio web: <http://www.mty.itesm.mx/daf/deptos/or/or00-811/Nlicencias.pdf>.
- Lista de precios Abril 2016; SIMEX: Soluciones Hidráulicas Integrales, Fruto Romero No. 2357 Col. Ferrocarril Guadalajara, Jalisco C.P. 44440 Tel. +52 (333) 145-2626 Fax. +52 (333) 145-2750. Enlace de la lista: <http://www.simexco.com.mx/productos/precios.pdf>.
- M. Beltrán y A. Marcilla; *Tecnología de polímeros: Tipos de plásticos, aditivación y mezclado*; Fecha de consulta: enero 2016; Sitio web: <http://iq.ua.es/TPO/Tema2.pdf>.
- M. en I. Anaya Durand Alejandro, M. en I. Barragán Acevedo Ricardo y Est. Ing. Vergara Vega Aldo; *Manual de temas selectos de ingeniería de proyectos*; UNAM, México D.F. 2013; pp. 400.
- *Maquinaria de reciclaje*; Fecha de consulta: Febrero 2016; Sitio web: <http://www.maquinariadereciclaje.com/index.php/catalogo-de-maquinas/26-reciclar-pet>.
- Norma ANSI/ISA-S5.1-1984 (R 1992).
- Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2013.
- Página oficial de la Asociación de Parques Industriales del Estado de Jalisco (APIEJ) Sitio web: <http://www.apiej.com/>.
- Perfi-tubos, Pipe's Solution; *Ficha técnica: Tuberías acero al carbón*; Monclova, Coahuila y Apodaca, Nuevo León; Sitio web: www.perfi-tubos.com.mx, p.p. 10; consulta: marzo 2016, <http://www.perfi-tubos.com.mx/pdf/tdaac.pdf>.
- Portal oficial web de Tlaquepaque, Jal. <https://www.tlaquepaque.gob.mx/portal/turismo/CLIMA-Y-RECURSOS-NATURALES>.

- Precios de plásticos reciclados (04/2013). Publicado el 12 abril, 2013. Sitio web: <http://www.recimex.com.mx/>. Fecha de consulta: 30 de Septiembre del 2015.
- Proveedor TECNOREC (Tecnologías y Plantas de Reciclado S. A. de C. V.); sitio web: <http://www.tecnorec.mx/>, *Fichas técnicas de equipo de reciclaje de plásticos*. Fecha de consulta: 26 abril – 26 de mayo 2015.
- Reciclados y Servicios del Noreste S. A. de C. V.; *Proyecto: Planta piloto para regenerar agroplásticos confinados en centros de acopio*, México Febrero 2011.
- Recimex. Fecha de consulta: 30 de Septiembre del 2015. Sitio web: <http://www.recimex.com.mx/>.
- Recoup – Recycling of Used Plastics Limited. Recycling the plastic bottle – The energy equation. Sitio web: www.recoup.org.
- SEMARNAT, Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables; *Plan de manejo integral de plásticos para la agricultura (PLAMIAPA)*, Presenta Centro de Investigación en Química Aplicada, Depto. de Plásticos en la Agricultura.
- SEMARNAT, Lic. Luis Alberto López Carbajal, Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables; *Simposio Internacional de Residuos: Perspectiva y Gestión del Sector Primario en México (2008-2012) “Los residuos de la producción primaria (agropecuarios y pesqueros)”*;
- SEMARNAT; *Directorio de Centros de Acopio de Materiales Provenientes de Residuos en México 2010*; Publicación realizada en colaboración con: Festival Internacional de Reciclaje Creativo (PEPENAFEST);
- Wypych George, *Handbook of plasticizers*; Editorial ChemTec Publishing, 2004.

ANEXO I

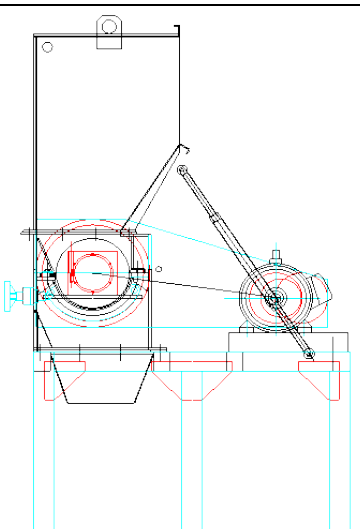
Código SPI de los Plásticos Reciclables⁶⁰

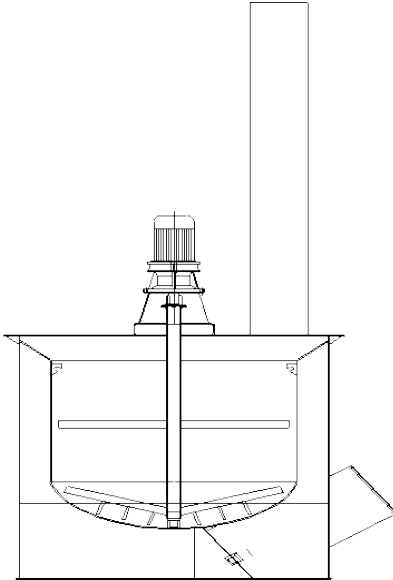
CODIGO SPI	DESCRIPCION
	Polietileno terftalato (PET)
	Polietileno de alta densidad (HDPE)
	Policloruro de vinilo (PVC)
	Polietileno de baja densidad (LDPE)
	Polipropileno (PP)
	Poliestireno (PS)
	Otros (ejemplo: ABS, SAN, PC, EVA/EBA, PVOH, EVOH, PA, PBT, etc.)

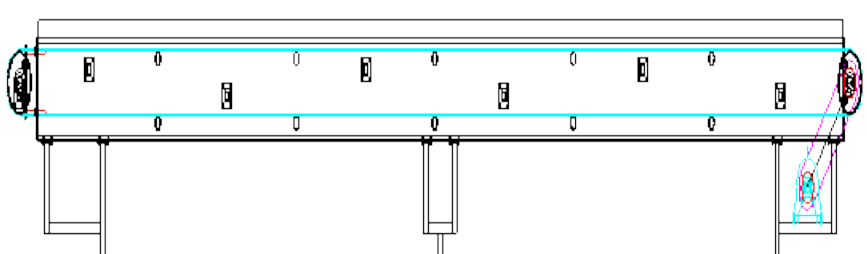
SIGLAS DE PLÁSTICOS CÓDIGO SPI 7	NOMBRE DEL PLÁSTICO
ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno
SAN	Estireno acrilnitrilo
PC	Policarbonato
EVA/EBA	Etilvinilacetato/Etilbutilacrilato
PVOH/EVOH	Etilen-vinil-alcohol/Alcohol polivinílico
PA	Poliamida
PBT	Polibutileno tereftalato

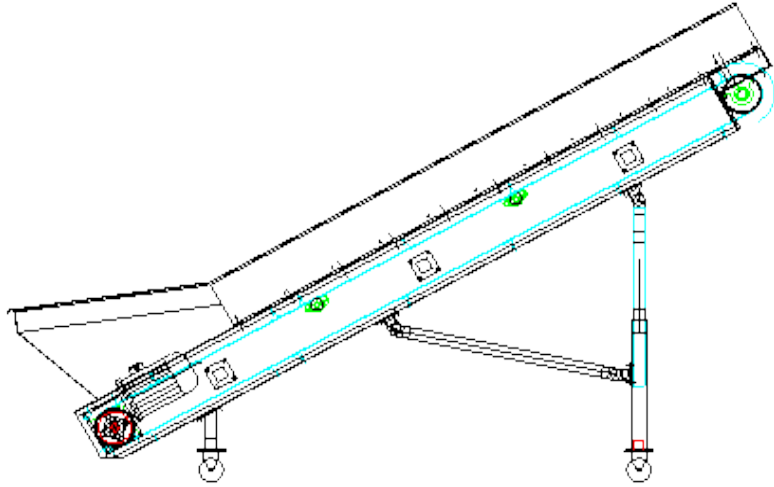
⁶⁰ Recoup – Recycling of Used Plastics Limited. Recycling the plastic bottle – The energy equation. www.recoup.org

ANEXO II. Hojas de datos de los equipos.

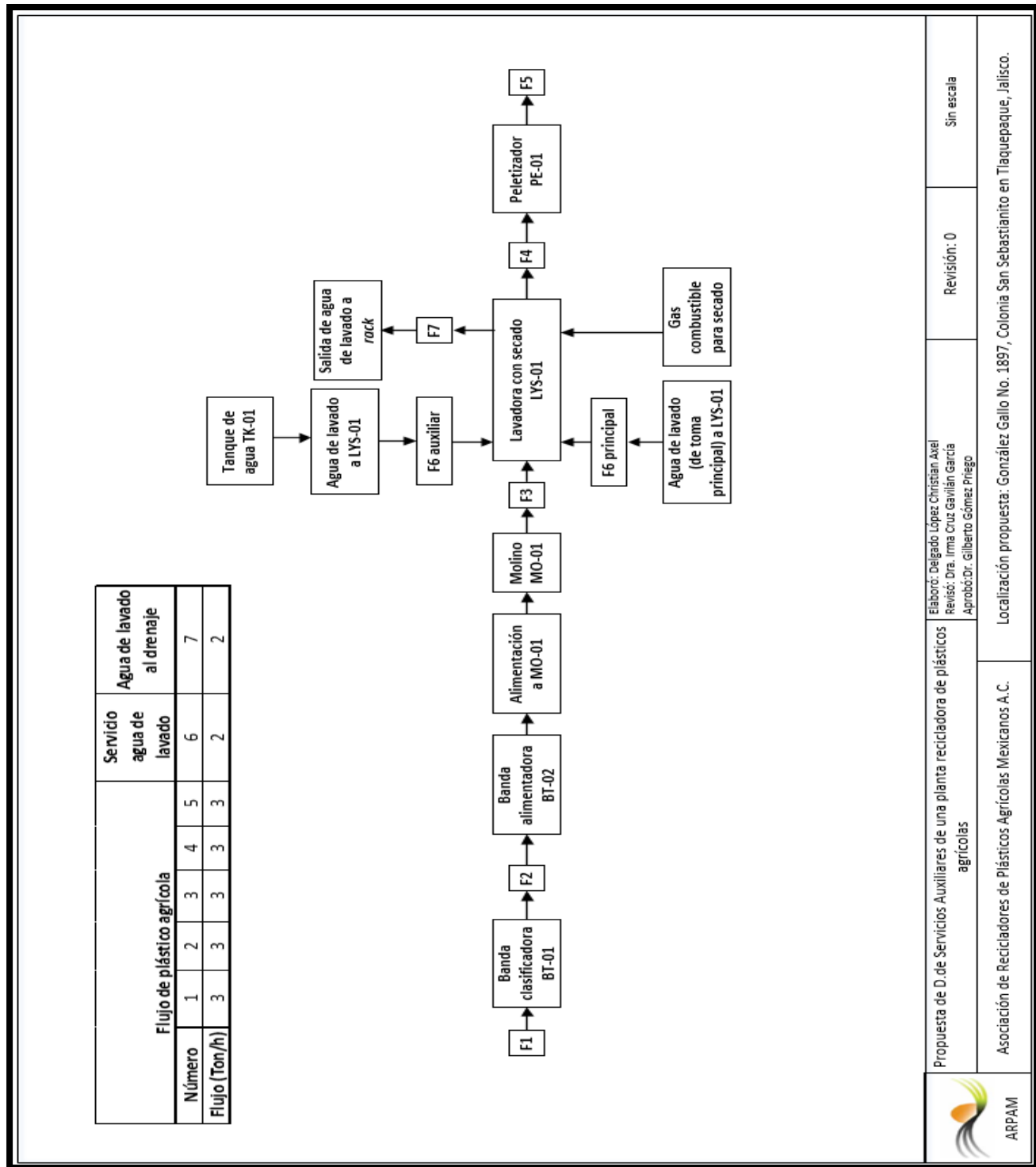
		HOJA DE DATOS DE PROCESOS PARA MOLINOS	
CLIENTE:	Dr. Gómez Priego Gilberto, Director ARPAM	PROYECTO: Propuesta de la Planta Recicladora	
PLANTA:	Planta Recicladora de Plásticos Agrícolas	HOJA: 1 DE: 1	
LOCALIZACIÓN:	Tlaquepaque, Jalisco	No. Unidades: 1	
CLAVE DEL EQUIPO:	MO-01	Cotización:	No. C27052015-115
SERVICIO:	Molino, molienda del plástico.		
Tipo de proceso:	Lotes	Área de molienda:	67x60 cm
Principio de funcionamiento:	corte/impacto	Peso [kg]:	1,100
Potencia del consumo del motor [HP]:	30	Voltaje [V]:	
Potencia del suministro del motor [kW]:	1.5	Frecuencia [Hz]:	
Velocidad máx. [rpm]:		Consumo de energía [W]:	s.e.
Velocidad circunferencial máx. [m/s]:		Modelo:	ML-500 G3
Volumen utilizable máx. [Kg]:	2000	Dimensiones:	
Dureza del producto:	Rockwell M94 – M101	Largo [mm]:	1,900
Máx. tamaño del producto [mm]:	10	Ancho [mm]:	1,500
Material del Batidor/cuchilla:	acero inoxidable Boucher tipo D-2	Altura [mm]:	2,200
Compartimiento que muele al material:	acero inoxidable Boucher tipo D-2		
Tiempo de conexión [min]:	5 a 10	Tiempo de desconexión [min]:	10 a 15
El compartimiento donde se muele, puede enfriarse con agua:	No		
El producto puede enfriarse en el compartimiento con hielo seco:	Si		
El producto puede enfriarse en el compartimiento con nitrógeno líquido:	Si		
Temperatura ambiental permitida [°C]:	5 a 40		
Humedad relativa permitida [%]:	80		
			


		HOJA DE DATOS DE PROCESOS PARA LAVADORAS INDUSTRIALES DE PLÁSTICOS	
CLIENTE:	Dr. Gómez Priego Gilberto, Director ARPAM	PROYECTO: Propuesta de la Planta Recicladora	
PLANTA:	Planta Recicladora de Plásticos Agrícolas	HOJA: 1 DE: 1	
LOCALIZACIÓN:	Tlaquepaque, Jalisco	No. Unidades: 1	
CLAVE DEL EQUIPO:	LYS-01	Cotización:	No. C27052015-115
SERVICIO:	Lavado y secado de plástico en scraps.		
Tipo de proceso:	Lotes	Diametro del cilindro [mm]:	1,800
Principio de funcionamiento:	Lavado con agua fría	Peso [kg]:	s.e.
Potencia del consumo del motor [HP]:	80	Consumo de gas [kg/h]:	4
Potencia suministro del motor [kW]:	7	Consumo de agua [Lts/h]:	2,000
Operadores:	1	Consumo de energía [W]:	s.e.
Ayudantes:	2	Modelo:	LS-1000
Capacidad [Kg/h]:	2,000	Dimensiones:	
Modo de calentamiento:	conexión a gas natural o LP	Largo [mm]:	23,000
Resistente a:	Sosa y otros agentes químicos	Ancho [mm]:	3,000
Material:	acero inoxidable 304 2B	Altura [mm]:	3,500
Modo de operación:	Automatizado por Software de computadora con panel de control		
Tiempo de conexión [min]:	5 a 10	Tiempo de desconexión [min]:	10 a 15
Temperatura ambiental permitida [°C]	5 a 40		
Humedad relativa permitida [%]:	80		
			

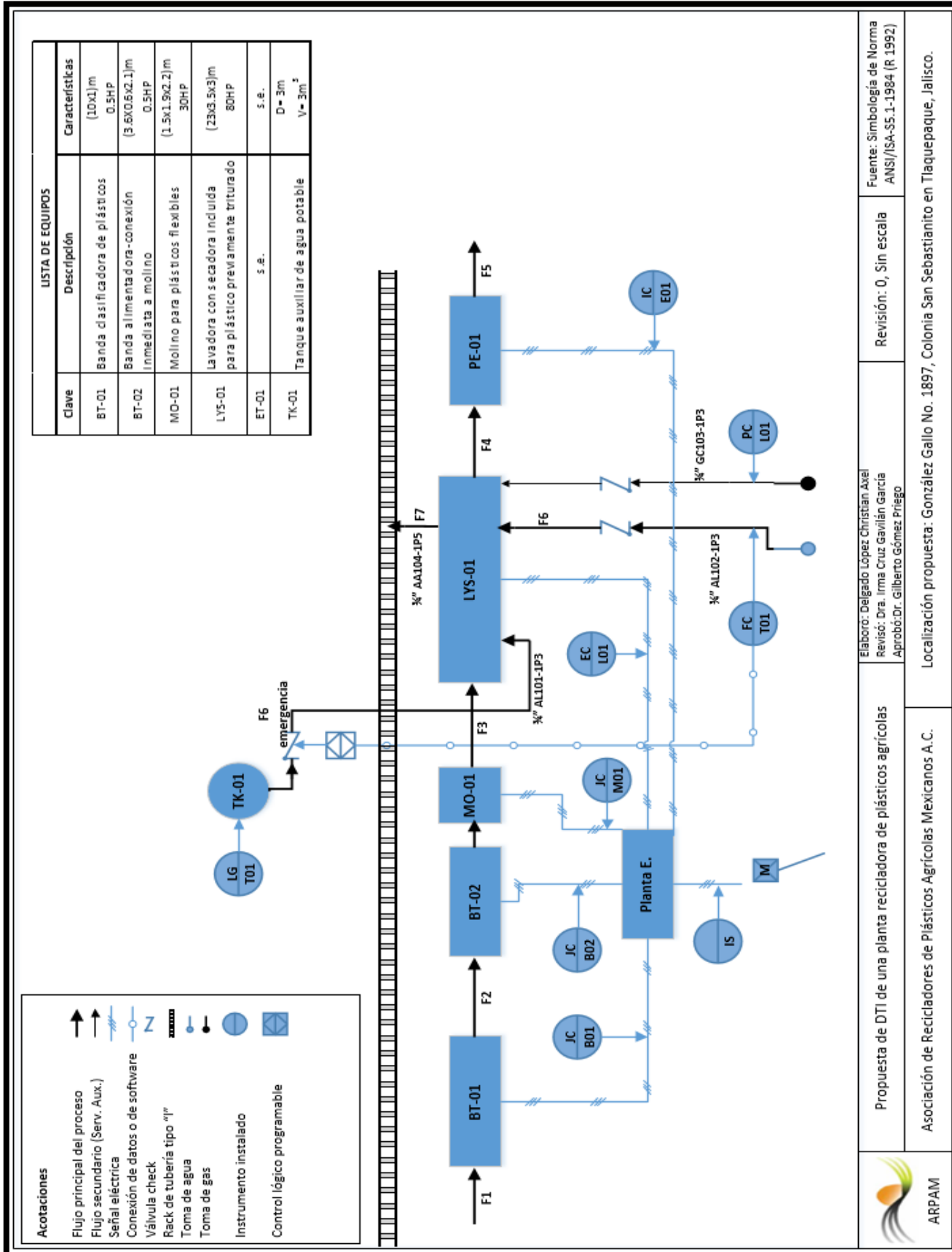
		HOJA DE DATOS DE PROCESOS PARA BANDAS TRANSPORTADORAS	
CLIENTE:	Dr. Gómez Priego Gilberto, Director ARPAM	PROYECTO: Propuesta de la Planta Recicladora	
PLANTA:	Planta Recicladora de Plásticos Agrícolas	HOJA: 1 DE: 2	
LOCALIZACIÓN:	Tlaquepaque, Jalisco	No. Unidades: 2	
CLAVE DEL EQUIPO:	BT-01	Cotización:	No. 27052015-115
SERVICIO:	Banda transportadora, selección y clasificación.		
Tipo de proceso:	Cotínuo, rodillos laterales cócos alta tracción	Ancho de la cinta [mm]:	1,000
Principio de funcionamiento:	Cinta c/movilidad, 20 rodillos soporte de banda	Peso [kg]:	1,000
Potencia del consumo del motor [HP]:	0.50	Longitud de transporte [mm]:	10,000
Potencia suministro del motor [kW]:	2.2	Altura ajustable:	no
Clasificadores de plastico:	4 a 6	Consumo de energía [W]:	s.e.
Operadores:	1	Modelo:	101 serie BI
Capacidad máx. aprox. [Ton/h]:	4	Dimensiones:	
Rango de ajuste de velocidad [m/s]:	-	Largo [mm]:	10,000
Material del equipo:	acero inoxidable	Ancho [mm]:	1,000
Material de la cinta/correa:	cama metálica con rodillos intermedios	Altura [mm]:	1,000
Modo de operación:	Por esta banda se clasificarán los plásticos para limitar la producción a LDPE		
Tiempo de conexión [min]:	1 a 3	Tiempo de desconexión [min]:	1 a 3
Temperatura ambiental permitida [°C]:	5 a 40		
Tamaño máx. artículos a transportar:	20,000x10,000 mm		
			

		HOJA DE DATOS DE PROCESOS PARA BANDAS TRANSPORTADORAS	
CLIENTE:	Dr. Gómez Priego Gilberto, Director ARPAM	PROYECTO: Propuesta de la Planta Recicladora	
PLANTA:	Planta Recicladora de Plásticos Agrícolas	HOJA: 2 DE: 2	
LOCALIZACIÓN:	Tlaquepaque, Jalisco	No. Unidades: 2	
CLAVE DEL EQUIPO:	BT-02	Cotización:	No. 24052015-115
SERVICIO:	Banda transportadora, alimentadora.		
Tipo de proceso:	Cotínuo, rodillos laterales alta tracción	Ancho de la cinta [mm]:	600
Principio de funcionamiento:	Cinta con movilidad, 2 rodillos cónicos	Peso [kg]:	550
Potencia del consumo del motor [HP]:	0.50	Longitud de transporte [mm]:	3,500
Potencia suministro del motor [kW]:	1.5	Altura ajustable:	si
Ayudantes:	2 a 3	Consumo de energía [W]:	
Operadores:	1	Modelo:	BG2-3.6
Capacidad máx. aprox. [Ton/h]:	1	Dimensiones:	
Aditamentos:	Tolva alimentadora alta	Largo [mm]:	3,600
Material del equipo:	acero inoxidable	Ancho [mm]:	600
Material de la cinta/correa:	cama metálica c/rodillos intermedios	Altura [mm]:	2,100
Modo de operación:	Con llantas para su movilidad, encendido por conexión o automatizado.		
Tiempo de conexión [min]:	1 a 3	Tiempo de desconexión [min]:	1 a 3
Temperatura ambiental permitida [°C]:	5 a 40		
Tamaño máx. artículos a transportar:	3,000x600		
			

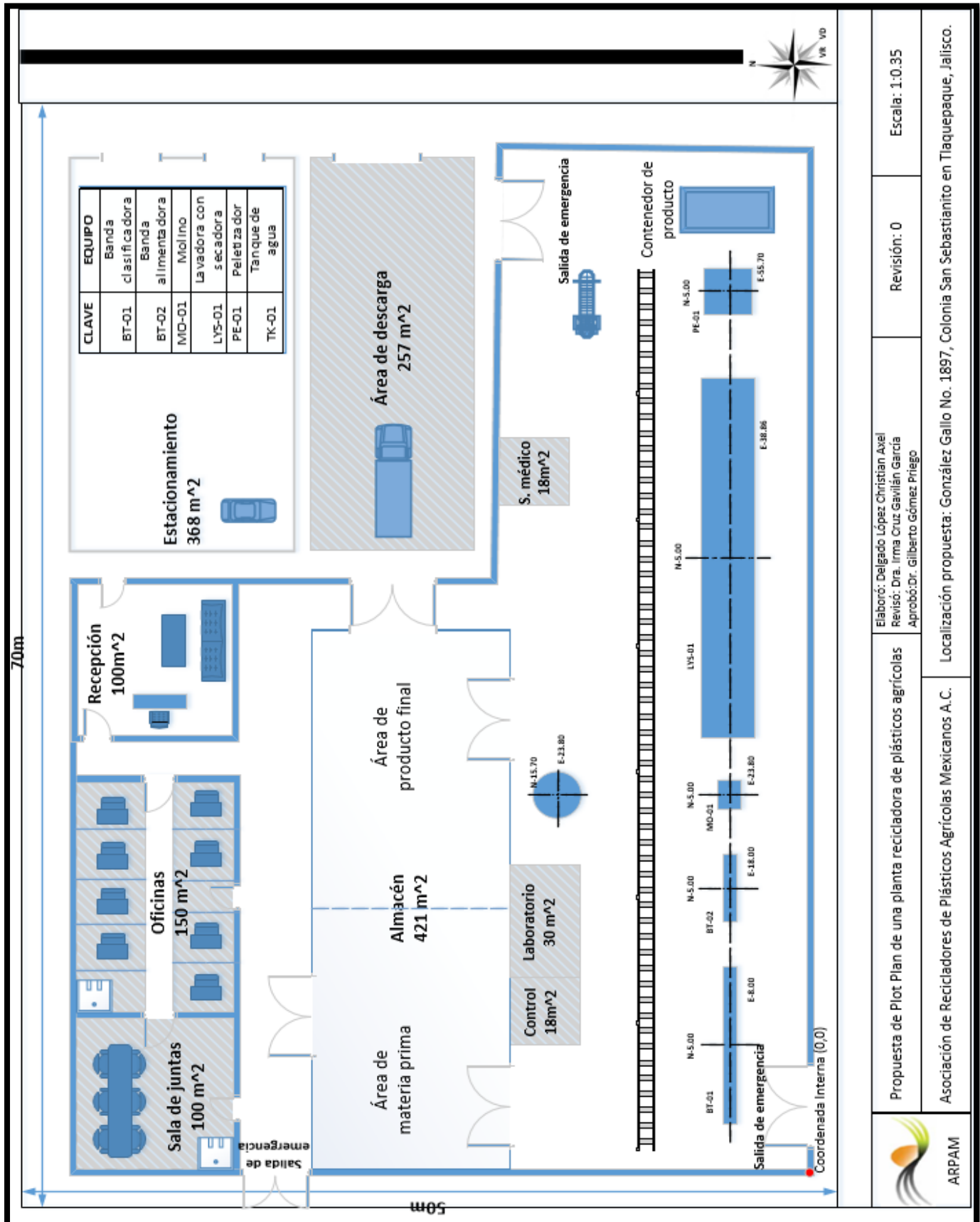
ANEXO III.



 ARPAM	Propuesta de D. de Servicios Auxiliares de una planta recicladora de plásticos agrícolas	Elaboró: Delgado López Christian Axel Revisó: Dra. Irma Cruz Gavilán García Aprobó: Dr. Gilberto Gómez Priego	Revisión: 0	Sin escala
	Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas Mexicanos A. C.	Localización propuesta: González Gallo No. 1897, Colonia San Sebastianito en Tlaquepaque, Jalisco.		



<p>ARPAM</p>	Propuesta de DTI de una planta recicladora de plásticos agrícolas	Elaboro: Delgado López Christian Axel Revisó: Dra. Irma Cruz Gavilán García Aprobó: Dr. Gilberto Gómez Priego	Revisión: 0, Sin escala
Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas Mexicanos A.C.		Localización propuesta: González Gallo No. 1897, Colonia San Sebastianito en Tlaquepaque, Jalisco.	
Fuente: Simbología de Norma ANSI/ISA-SS.1-1984 (R 1992)			



<p>ARPAM</p>	<p>Propuesta de Plot Plan de una planta recicladora de plásticos agrícolas</p>	<p>Elaboró: Delgado López Christian Axel Revisó: Dra. Irma Cruz Gavilán García Aprobó: Dr. Gilberto Gómez Priego</p>	<p>Revisión: 0</p>	<p>Escala: 1:0.35</p>
	<p>Asociación de Recicladores de Plásticos Agrícolas Mexicanos A.C.</p>	<p>Localización propuesta: González Gallo No. 1897, Colonia San Sebastianito en Tlaquepaque, Jalisco.</p>		