

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

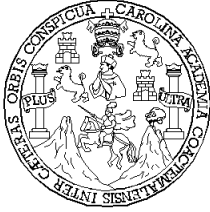


NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. SYDNEY ALEXANDER SAMUELS MILSON
VOCAL I	ING. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS
VOCAL II	LIC. AMAHÁN SÁNCHEZ ÁLVAREZ
VOCAL II	ING. JULIO DAVID GARCÍA CELADA
VOCAL IV	Br. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ
VOCAL IV	Br. ELISA YAZMIDA VIDES LEIVA
SECRETARIO	ING. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. JULIO GONZALEZ PODSZUECK
EXAMINADOR	ING. DAVID ALDANA
EXAMINADOR	ING. PEDRO HUGO GARCIA
EXAMINADOR	ING. OSCAR MALDONADO
SECRETARIO	ING. FRANCISCO GONZÁLEZ LÓPEZ



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA
DE TUBERÍA DE PVC**

CARLOS ALBERTO TEJEDA POMA

ASESORADO POR: ING. RAFAEL ENRIQUE RIVERA YAT

GUATEMALA, MARZO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROYECTO DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE
TUBERÍA DE PVC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CARLOS ALBERTO TEJEDA POMA

ASESORADO POR: ING. RAFAEL ENRIQUE RIVERA YAT

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2004



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROYECTO DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE TUBERÍA DE PVC

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 17 de julio de 2003.

CARLOS ALBERTO TEJEDA POMA



Guatemala 20 de Enero de 2004

Ingeniero

Marcia Veliz

Directora

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Señora Directora

Atentamente me dirijo a usted para someter a su consideración el trabajo de graduación del estudiante Carlos Alberto Tejeda Poma, previo a obtener el título de Ingeniero Mecánico Industrial.

El trabajo en mención se titula: **Proyecto de Planificación y Diseño de una Planta Productora de Tubería de PVC.**

He asesorado y revisado el trabajo y considerando que llena satisfactoriamente los requisitos recomiendo su aprobación.

Agradeciendo su atención, me suscribo.

RAFAEL ENRIQUE RIVERA YAT

Ingeniero Industrial

Colegiado No. 5470

Asesor



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

AGRADECIMIENTOS A

DIOS	Mi creador y guía, por su voluntad de ser profesional.
MIS PADRES	Por su paciencia, apoyo y amor.
MI ESPOSA	Por ser la mujer que amo, quien siempre ha creído en mi capacidad y decisiones.
MIS HERMANOS	Por su cariño y ejemplo.
MIS TÍOS Y TÍAS	Por su cariño, apoyo y consejo.
MIS PRIMOS	Por su apoyo incondicional.
MIS CUÑADOS	Por su cariño y apoyo incondicional.
A MIS SUEGROS	Por su apoyo y consejo.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

DEDICATORIA

A PACO

Mi padre, a quien le agradezco infinitamente sus enseñanzas, su amor y confianza.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	XII
OBJETIVOS	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA TUBERÍA DE PVC	
1.1 Los materiales plásticos	1
1.2 El PVC	2
1.3 Breve historia de la tubería de PVC	4
1.4 Propiedades de la tubería de PVC	6
1.4.1 Resistencia química	6
1.4.2 Resistencia mecánica	7
1.4.3 Moldeabilidad	8
1.5 Especificaciones de la tubería de PVC	8
1.5.1 Diámetro nominal	9
1.5.2 Presión de trabajo	10
1.6 Características del PVC relevantes al proceso de extrusión en fabricación de tuberías	11

1.7	Aditivos y sus características	14
1.7.1	Estabilizador térmico	14
1.7.2	Lubricantes	15
1.7.2.1	Lubricante externo en la mezcla	15
1.7.2.2	Lubricante interno en la mezcla	15
1.7.3	Modificadores de impacto	16
1.7.4	Auxiliares del proceso	16
1.7.5	Rellenos	16
1.8	Proceso de fabricación	17
1.8.1	Mezclado	17
1.8.1.1	Compuestos flexibles de PVC	18
1.8.1.2	Compuestos rígidos de PVC	19
1.8.2	Extrusión	22
1.8.3	Formador o calibrador	24
1.8.4	Enfriamiento	25
1.8.5	Impresión	26
1.8.6	Halado	26
1.8.7	Cortado	26
1.8.8	Operación de campaneó	26
1.9	Pruebas de calidad aplicadas en tuberías de PVC	27
1.9.1	Prueba dimensional	27
1.9.2	Prueba de presión de ruptura rápida	28
1.9.3	Prueba de acetona	28
1.9.4	Prueba de resistencia al impacto	28
1.9.5	Prueba de resistencia al aplastamiento	29

1.10	El reproceso	29
------	--------------	----

2. ASPECTOS ESENCIALES PARA LA PLANIFICACIÓN Y EL DISEÑO DE LA PLANTA

2.1	Localización de la planta	33
2.1.1	El mercado real y potencial	34
2.1.2	Restricciones legales	34
2.1.3	Disponibilidad de energía, mano de obra y materia prima	35
2.1.4	Disponibilidad de agua y drenajes	36
2.1.5	Sitios para desechos	36
2.1.6	Comunicaciones y transporte	36
2.1.7	Características del terreno	37
2.2	Aspectos legales	37
2.3	Aspectos ambientales	39
2.3.1	La evaluación del impacto ambiental	40
2.3.2	El plan de seguridad ambiental	41
2.3.3	Plan de mitigación y contingencia	41
2.4	Aspectos de seguridad e higiene industrial	
	esenciales para el diseño	42
2.4.1	Pisos	42
2.4.2	Escaleras	43
2.4.3	Pasillos	44
2.4.4	Salidas de emergencia	45

2.4.5	Instalaciones de higiene	45
2.4.6	Codificación de colores en planta	46
2.4.7	Iluminación	48
2.4.8	Ventilación	50
2.4.9	Techos y paredes	51
2.4.10	Acústica del edificio	51
2.4.11	Protección contra incendios	52

3. PROYECCIONES Y PLANIFICACIÓN DE EQUIPO Y ÁREAS

3.1	Proyección de la capacidad productiva de la planta	55
3.1.1	Proyección del plazo	56
3.1.2	Proyección de las ventas	56
3.1.3	Programación de la producción	58
3.1.4	Proyección de las líneas de extrusión y mezclado	59
3.3	Proyección de Inventarios	59

4. DISTRIBUCIÓN Y DISEÑO DE ÁREAS Y SERVICIOS

4.1	Áreas de trabajo	61
4.1.1	Almacenamiento de materia prima	61
4.1.1.1	Almacenamiento en silos	61
4.1.1.2	Almacenamiento en sacos y supersacos	63
4.1.2	Área de mezclado	64
4.1.3	Área de molido y pulverizado	65

4.1.4	Área de extrusión	66
4.1.5	Bodega de moldes de extrusión	67
4.1.6	Control de calidad	67
4.1.7	Área de mantenimiento	68
4.1.8	Bodega de producto terminado	69
4.2	Servicios	69
4.2.1	Energía eléctrica	70
4.2.2	Sistema neumático	71
4.2.3	Sistema de agua de enfriamiento	71
4.2.4	Sistema de drenajes	71
4.2.5	Esquema de distribución de la planta	72
	CONCLUSIONES	73
	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFÍA	77
	APÉNDICES	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Gráfico temperaturas y tiempos del mezclado de compuesto flexible del PVC	19
2. Gráfico temperaturas y tiempos del mezclado de compuesto rígido del PVC	20
3. Diagrama de operaciones de fabricación de tubería PVC	30
4. Diagrama de flujo del proceso	31
5. Extrusor de PVC	32
6. Línea de extrusión	32
7. Esquema de distribución de la planta	72

TABLAS

I. Relación entre el diámetro nominal, diámetro real y tolerancia en la fabricación según norma ASTM	10
II. SDR y presión de trabajo en tuberías de PVC según norma ASTM	11
III. Propiedades principales del PVC rígido	14
IV. Distribución de servicios de higiene por cantidad de personal	46
V. Código de colores para identificar sistemas de tuberías, según el I.G.S.S.	48
VI. Niveles de iluminación para una planta productora de tubería de PVC	49
VII. Condiciones recomendadas de confort para fabricas con lugares de maquinados, tales como una planta productora de tubería PVC	50
VIII. Nivel de sonido promedio en áreas de trabajo durante 8 horas	52
IX. Presentación del pronóstico de ventas	57
X. Programación típica de la producción de tubería de PVC	58
XI. Dimensiones y servicios necesarios para cada máquina	66

GLOSARIO

Acetona (C₃H₆O)	Líquido incoloro, inflamable, volátil de olor agradable. Tiene aplicaciones como solvente orgánico.
Acrónimo	Sigla constituida por las iniciales (y a veces otras letras que le siguen a la inicial) con las cuales se forma un nombre.
Alabes	Cada una de las paletas curvas de una rueda hidráulica u otro mecanismo análogo.
Andamiaje	Conjunto de andamios (armazón de tablones que sirve para colocarse encima de ella y trabajar en la construcción o reparación de edificios o alguna maquinaria).
Aparejos	Preparación, disposición para alguna cosa.
Bidón	Recipiente metálico que se utiliza para envasar y transportar líquidos.
Codificación	Acción y efecto de codificar (hacer o formar un cuerpo de leyes metódico y sistemático).

Contingencia	Posibilidad de que algo ocurra, o por el contrario que no ocurra.
Demografía	Parte de la estadística que trata de los habitantes de un país, según sus profesiones, edades, etc.
Densidad	Masa por unidad de volumen de un cuerpo ($d = \text{masa} / \text{volumen}$), se suele expresar en gramos por centímetros cúbicos.
Edáfica	Perteneciente o relativo al suelo.
Extrusión	Paso a presión de un metal fundido o de una masa plástica fluida a través de una hilera, cuya sección determina la forma deseada en las piezas resultantes del proceso.
Fluctuación	Diferencia entre el valor instantáneo de una cantidad fluctuante (cambiante) y su valor normal.
Gelación/gelificación	Proceso de formación de gel (sistema coloidal de dos fases: sólida-líquida).



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Husillo	Barra cilíndrica de hierro o acero, con un fileteado a modo de tornillo que controla el movimiento de avance y retroceso en una máquina.
Ignición	Estado de un cuerpo que arde o está incandescente.
Incombustible	Cuerpo que no arde ni se altera ante la acción del fuego.
Infusible	Que no puede fundirse o derretirse.
Mitigación	Moderar, disminuir o suavizar.
Morfología	Ciencia que tiene por objeto el estudio y la descripción de los caracteres somáticos de las especies vegetales y animales.
Nafta	Fracción ligera del petróleo natural que se obtiene en la destilación de la gasolina.
Peralte	Elevación que resalta en una construcción.
Polímero	Compuesto formado por partes iguales mediante un enlace. producto formado por macromoléculas.
Radiación	Emisión de ondas o corpúsculos materiales por parte de una fuente.



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Scrap

Significa pedazo, fragmento, trozo, etc.

Sumersión

Acción y efecto de sumergir.

Telescopiado

Analizado mediante un telescopio (instrumento óptico de gran alcance que se destina a la observación), en forma de telescopio.

Tolva

Depósito en forma de tronco de pirámide o de cono invertido abierto por abajo.

Viscosidad

Rozamiento que existe entre capas contiguas de un fluido. Produce una distribución de velocidades de dichas capas, que depende de la distancia de éstas a la pared sobre la que se desliza el fluido.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

RESUMEN

En Guatemala, la falta de sistemas de agua y drenajes han hecho atractivo el mercado de tubería de PVC, instalándose en menos de 8 años 2 nuevas plantas de fabricación y las ya existentes se han ampliado o trasladado para mejorar su capacidad productiva.

Así también a nivel latinoamericano, por motivos de la globalización, muchas empresas han ampliado sus operaciones, pues el uso de la tubería PVC es cada vez mas versátil y el crecimiento demográfico continua presentando déficit en construcciones y por ende necesidades de sistemas de agua potable o drenajes.

Los aspectos más importantes del proceso de fabricación de tuberías de PVC y del manejo de resinas deben conocerse para iniciar un proyecto de diseño de nuevas plantas de fabricación, así se consideraran todos los aspectos únicos que deban tomarse en cuenta.

La maquinaria que interviene en el proceso es tan importante como el proceso mismo, pues muchas veces se pueden definir necesidades importantes y específicas para tener un funcionamiento optimo, como si fuera un órgano del cuerpo humano, ubicado en el lugar adecuado y cumpliendo una función determinada.

Un proyecto de nuevas instalaciones industriales debe considerar todos las regulaciones ambientales y otros aspectos legales para iniciar la localización de su planta y poder llevar a cabo el proyecto, cumpliendo con las normas de acuerdo al proceso . Estas reglamentaciones evolucionan continuamente, por lo que es necesario tener además de un esquema básico inicial, una investigación detallada.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Para el ingeniero a cargo de un proyecto de esta envergadura, las proyecciones de la capacidad productiva en el tiempo son básicas, pues deben, en el diseño e implementación, considerarse siempre las ampliaciones futuras, ya que muchas de los sistemas de la planta, tales como almacenaje, mantenimiento, capacidad de servicio, etc., varían proporcionalmente a los objetivos de producción.

Siempre se debe considerar como parte del diseño de una planta los servicios y las áreas de apoyo al proceso, como distintos procesos paralelos que forman un solo sistema, muchas veces se marginan estas áreas, en el caso de la producción de tubería de PVC el espacio para almacenamiento es muy importante por las dimensiones del producto final. Las herramientas de diseño por computadora son esenciales para plasmar a escala los planos de planta y hacer constantes modificaciones hasta lograr un diseño óptimo, entrelazar los diseños alternos y tener un producto final completo



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

OBJETIVOS

General

Presentar los lineamientos esenciales del desarrollo de un proyecto para planificar y diseñar una planta productora de tubería de PVC.

Específicos

1. Conocer el proceso de extrusión de PVC para la fabricación de tubería.
2. Presentar los aspectos de ingeniería , legales, ambientales y sociales que se deben tomar en cuenta para la planificación y diseño de la planta, así como aquellos de seguridad e higiene industrial.
3. Conocer los factores esenciales de la planificación y del diseño de la planta, como por ejemplo: realizar las proyecciones de mercadeo, programa de producción y programa de inversiones



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación fue creado a partir de la falta de una guía o esquema para la planificación y ejecución de un proyecto de diseño de una planta de fabricación de tubería de PVC, como es el caso de la nueva planta de Tubofort S.A.

En 1995 se inició el proyecto para esta empresa y en ese entonces aun, no se sabia con certeza como iniciar el mismo, pues las plantas localizadas en el país estaban en lugares adaptados al proceso sin ninguna plan previo, por lo tanto, se creó un esquema de trabajo que se orienta en 4 partes, las que componen los capítulos principales de este documento, el primero es acerca del proceso de fabricación de la tubería de PVC, descripción y características del proceso y de las materias primas, el segundo, se refiere a los aspectos esenciales a tomar en cuenta para la planificación y el diseño de la planta, tales como la localización, los requerimientos de servicios, aspectos legales y ambientales y seguridad industrial. El siguiente describe como planificar y proyectar el equipo a utilizar en planta con el fin de conocer posteriormente, en el último, la distribución y el diseño de las áreas de la planta, tratando además el diseño de los servicios.

Además en los anexos se describen, el equipo esencial de extrusión y las condiciones necesarias para que este equipo funcione, se mencionan también las maneras para esquematizar el diseño.

1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA TUBERÍA DE PVC

1.1 Los materiales plásticos

El término plástico proviene de la palabra griega *πλαστικός*, que significa *capaz de ser moldeado*, debido a que estos materiales poseen esta cualidad. Los plásticos son materiales compuestos, en todo o en parte, por moléculas largas en cadena, llamadas polímeros. Aunque el Carbono es el elemento común en todos los polímeros comerciales, el Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Azufre, Halógenos y Silicio pueden estar presentes en proporciones variables, estos polímeros pueden dividirse en dos clases: termo fijos o termoendurecibles y termoplásticos.

Los polímeros termo fijos son transformados por reacción química, son infusibles y sin degradación térmica o mecánica. Los polímeros termoplásticos son transformados mediante presión y calor, son reversibles y al fundirlos se vuelven líquidos de alta viscosidad; al enfriarse se solidifican para producir, de acuerdo con su estructura, sólidos que son elásticos, dúctiles, tenaces o frágiles. Las temperaturas de fusión de estos polímeros van de 100 a 300 ° C.

Los plásticos se usan a menudo solo con adiciones menores de otros componentes (colorantes, estabilizadores, lubricantes, etc.).

Las características más importantes son su baja densidad, bajo costo, claridad óptica, facilidad para conformación de formas complejas, baja conductividad térmica, alta resistencia a los productos químicos, flexibilidad y propiedades eléctricas útiles.

Los productos y aplicaciones del plástico son muchos, los segmentos principales según su uso pueden ser: envase y empaque, mercado de consumo, construcción, muebles, industrial, eléctrico y electrónico, transportación, adhesivos, medico y agrícola.

1.2 El PVC

PVC es un acrónimo de Cloruro de Polivinilo. Los acrónimos o siglas se utilizan para nombrar a los distintos polímeros existentes debido a que los nombres químicos con frecuencia son muy largos y poco prácticos de utilizar. Entre los polímeros termoplásticos esta el PVC o cloruro de polivinilo¹, siendo el único material plástico que no es 100% originario del petróleo, ya que el 57% es cloro derivado de la sal y 43% etileno derivado del petróleo.

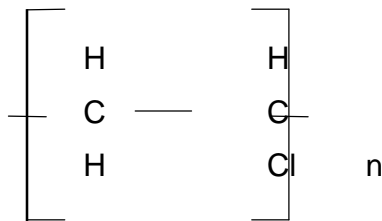
A partir de la sal por el proceso de electrólisis, reacción química resultante del paso de una corriente eléctrica por agua salada se obtiene el Cloro. El petróleo pasa por un camino un poco más largo. El primer paso es una destilación del petróleo crudo, obteniéndose así la nafta leve.

Esta pasa, entonces, por el proceso de craqueamiento catalítico (ruptura de moléculas grandes en moléculas menores, con la acción de catalizadores que aceleran

¹ Polivinyll Chlorine por sus siglas en ingles

el proceso), generándose el etileno. Tanto el cloro como el etileno están en su fase gaseosa y reaccionan produciendo el dicloro etano o DCE.

A partir del DCE, se obtiene el monocloruro de vinilo o MVC, unidad básica del polímero, el cual esta formado por la estructura monomérica. Las moléculas de MVC son sometidas al proceso de polimeración, o sea, van ligándose y formando una molécula mucho mayor, conocida como PVC (policloruro de vinilo), que es un polvo muy fino, de color blanco, y totalmente inerte. Las cadenas de moléculas de cloruro de vinilo que forman el PVC se componen de átomos de Carbono (C), Hidrogeno (H) y Cloro (Cl), perteneciendo a la familia de polímeros con la fórmula general:



Donde n es el número de repetición de unidades en la cadena del polímero.

Por su bajo peso específico, el PVC es utilizado en artículos de consumo tales como zapatos, equipaje, pelotas, juguetes, equipos de alta fidelidad y estructuras inflables, etc.

Por su alta resistencia, el PVC se utiliza en la industria de la construcción, tuberías, cables, paneles plegables, baldosas, en la industria automotriz, en la agricultura para drenaje e irrigación, tanques de almacenamiento, silos, etc..

Por su impermeabilidad y su carácter inerte, ya sea en sus presentaciones claras u opacas, el PVC es ideal para la preservación y empaque de alimentos líquidos y



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sólidos tales como botellas de agua mineral, empaque de equipo médico desechable, como sondas, bolsas para almacenamiento de sangre y guantes quirúrgicos. Por su fácil mantenimiento, el PVC es utilizado en marcos para ventanas, recubrimiento de paredes, productos textiles como telas y cortinas impermeables; cercas y partes de maquinaria. Por su excelente costo el PVC ha hecho posible el proveer a gran cantidad de personas de una amplia variedad de productos y artículos de primera necesidad, como canalización de aguas, drenajes, etc.

1.3 Breve historia de la tubería de PVC

Era el año de 1835 cuando el francés Regnault obtuvo el monómero de Cloruro de Vinilo al tratar dicloruro de etileno con una solución alcohólica de hidróxido de potasio, pero también en esas mismas fechas en Alemania el investigador Justus Von Liebig obtuvo el mismo monómero de cloruro de vinilo de igual manera.

El primer reporte de polimerización se da en 1872, cuando Bauman observó que una acumulación de material blanco se presentaba en el fondo de tubos de ensayo que contenían gas de cloruro de vinilo (C_2H_3Cl) y estos habían sido expuestos a la luz solar. En ese tiempo el material fue reportado como un sólido blanco que podía calentarse hasta $130^{\circ}C$ sin degradarse.

En 1912 se iniciaron los primeros desarrollos industriales en Alemania, La elaboración del PVC se patentó en 1913 y en 1914 se reportó el uso de peróxidos orgánicos como iniciadores de la polimerización en lugar de la luz solar. En 1920, Waldo Semon obtuvo la formación de masas tipo caucho que permanecían homogéneas a



**PDF
Complete**

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

temperatura ambiente, al calentar el PVC y fosfatos de triolilo a 150 °C, iniciando en ese momento el uso comercial del PVC.

Luego se hicieron pruebas para usar el PVC en forma rígida y a mediados de los años 30, cantidades limitadas de tubería de PVC fueron producidas e instaladas, y algunas de ellas aun funcionan satisfactoriamente. Estas tuberías fueron producidas mediante una roladora y un extrusor hidráulico en un proceso discontinuo, al inicio eran de calidad dudosa pero fueron aceptadas para conducción de agua potable y drenaje debido a su resistencia química, superficie interna uniforme y a la ausencia de sabores y olores.

En los Estados Unidos la Asociación Americana para Prueba de Materiales estableció estándares para la tubería PVC en los años 40 y la industria empezó a madurar en los años 50.

Las tuberías se empezaron a fabricar antes de que se perfeccionaran los compuestos y la maquinaria, y no fue hasta en 1950 que inició el desarrollo sistemático de la tecnología de la extrusión.

Desde 1960, la tubería de PVC competía con productos tradicionales de muchos mercados, tales como: distribución de gas, drenajes, alcantarillado, ducto eléctrico, etc. También se realizaron investigaciones para el desarrollo de estabilizadores, lubricantes y aditivos, así como el desarrollo de tecnología y maquinaria específica para el procesamiento del PVC. Ahora la tubería de PVC es usada alrededor del mundo y su desarrollo ha sido fenomenal, así como los avances en procesos, aditivos y tecnología.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

1.4 Propiedades de la tubería de PVC

La tubería producida mediante la extrusión del PVC rígido tiene varias aplicaciones, incluyendo la distribución de agua potable, drenajes, tubo conduit, distribución de fluidos industriales y químicos, etc.

1.4.1 Resistencia química

La tubería de PVC no es conductor eléctrico y es inmune a las reacciones electroquímicas de ácidos y sales que causan corrosión en metales. Esta característica es muy importante en ambos lados de la tubería, interno y externo.

En conducción de agua potable el PVC no es atacado por ningún mecanismo de corrosión y esto unido a que el proceso de fabricación permite hacer tuberías lisas que impiden la incrustación. Esta propiedad permite instalar la tubería en cualquier subsuelo, inclusive en los altamente ácidos o alcalinos, sin peligro de que se destruya y por lo mismo es recomendable usarse en conducción de fluidos diferentes al agua.

1.4.2 Resistencia mecánica

La flexibilidad que posee la tubería de PVC es una ventaja, ya que puede flexionarse bajo cargas sin fracturarse. El bajo módulo de elasticidad permite ser enterrado en suelos bajo vibración y en condiciones de presión beneficia también reduciendo los golpes de ariete y picos de presión. La tubería de PVC puede resistir por tiempo indefinido la presión hidrostática de trabajo para la que ha sido diseñada y que es usual en la conducción de agua a presión.



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Además ofrece ventajas por su bajo peso en lo que concierne a seguridad, ya que al ser manejado fácilmente minimiza accidentes en trabajadores y reduce el costo de instalación y transporte. Cuando el PVC es moldeado tiene una considerable resistencia a esfuerzos de tensión y al impacto. La magnitud de la resistencia de los materiales de PVC depende principalmente de dos factores: la calidad de materia prima que se utiliza y la técnica de fabricación empleada.

La tubería de PVC es fabricada con aditivos que tienen una alta resistencia a la tensión para poder resistir la presión interna y una moderada resistencia al impacto, poseen bajo coeficiente de fricción, la que da como resultado bajos costos de mantenimiento y diseños eficientes de líneas de flujo. Posee alta resistencia a la ignición y no arde en ausencia de un material externo que provoque la ignición. La temperatura de ignición espontánea es de 440 °C, mayor que la mayoría de muchos materiales de construcción.

1.4.3 Moldeabilidad

Generalmente se produce en longitudes que van desde 10 hasta 20 pies, lo que reduce el número de juntas requeridas con otros tipos de tuberías, lo que resulta en instalaciones más eficientes con menores pérdidas de presión hidráulica y posibilidades de fugas. El PVC puede moldearse una y otra vez utilizando calor y presión, esto es una ventaja en la fabricación dando costos razonables.

1.5 Especificaciones de la tubería de PVC



Existen más de 20 entidades internacionales que han documentado distintos estándares relacionados con la tubería de PVC.

En Guatemala se utilizan los estándares de la ASTM² (Asociación Americana para Prueba de Materiales) para la fabricación, identificación y control de calidad de las tuberías. Las principales características que se norman como especificaciones esenciales son el diámetro nominal y externo, y la presión de trabajo.

1.5.1 Diámetro nominal

La tubería se fabrica en distintos diámetros nominales, estas medidas son invariables para que cada tubo y accesorios producidos por distintos fabricantes puedan interconectarse. Los diámetros nominales difieren de los diámetros reales por norma. (ver tabla I, diámetros nominales y reales según ASTM)

² American Society for Testing Materials por sus siglas en ingles

Tabla I. Relación entre el diámetro nominal, diámetro real y tolerancia en la fabricación según norma ASTM

DIAMETRO NOMINAL (pulgadas)	DIAMETRO REAL (pulgadas)	TOLERANCIA EN LA FABRICACION (pulgadas)
½	0.840	0.004
¾	1.050	0.004
1	1.315	0.005
1 ¼	1.660	0.005
1 ½	1.900	0.006
2	2.375	0.006
2 ½	2.875	0.007
3	3.500	0.008
4	4.500	0.009
5	5.563	0.01
6	6.625	0.011
8	8.625	0.015
10	10.750	0.015
12	12.750	0.015

1.5.2 Presión de trabajo

Se entiende como la presión interna que puede soportar una tubería por tiempo indefinido sin sufrir daños, se determina sobre la base de la relación entre el diámetro exterior y el espesor de pared; a esta relación se le conoce como SDR³. Dos tubos con igual valor SDR soportan la misma presión aunque tengan diámetros y espesores de pared distintos (ver tabla II, relación entre el diámetro nominal, diámetro real y la tolerancia en la fabricación según norma ASTM).

³ Standar Dimension Radio por sus siglas en ingles

Los tubos de PVC pueden identificarse por el SDR o por la presión de trabajo, ya que hay una correspondencia entre ellos, el cálculo del SDR se da a través de la fórmula siguiente:

$$\text{SDR} = \varnothing/t,$$

Donde \varnothing es el diámetro externo del tubo y t es el espesor de pared del tubo.

Tabla II. SDR y presión de trabajo en tuberías de PVC según norma ASTM

SDR	PRESION DE TRABAJO (lb/plg ²)
13.5	315
17	250
6	160
32.5	125
41	100

1.6 Características del PVC relevantes al proceso de extrusión en la fabricación de tuberías

Para la producción de tuberías de PVC, éste debe poseer determinadas características (ver tabla III, propiedades principales del PVC rígido), éste se mezcla junto a otros aditivos formando una mezcla homogénea que se extruye a altas temperaturas y luego se enfría rigidizándose de nuevo. El peso molecular promedio de un polímero puede ser descrito en términos de su valor K.

El valor K esta relacionado con el peso molecular del material y ésta a su vez con la viscosidad del mismo, que es realmente una medición realizada en laboratorio, a mayor K mayor viscosidad y mayor peso molecular.

El PVC utilizado para la fabricación de tuberías es PVC rígido. La principal distinción entre PVC rígido y PVC no rígido, es la plastificación que se le aplica al PVC no rígido con polímeros de bajo peso molecular o sea bajos K, mientras que el PVC rígido no contiene plastificantes.

El cloruro de vinilo puede ser polimerizado para crear materiales con diferente morfología de los granos, diferentes grados de polimerización pueden variar en tamaño, forma y densidad de los granos y también en la estructura interna del grano. Los granos de PVC se forman por medio de estructuras particulares de distintos tamaños y la forma exacta en que los niveles de la estructura se unen determina la forma del grano, la cual influye en las características del proceso del material y como resultado es posible crear una estructura particular para una técnica de proceso particular.

El PVC puro no es estable al calentarse, entonces para contrarrestar su problema de degradación que de otra manera sería inevitable, se debe añadir estabilizadores térmicos antes de su procesamiento. La estabilidad de la mezcla, de los extrusores y de los moldes a utilizar se restringen a una temperatura muy cercana a los 200°C. La temperatura antes descrita es determinante para evitar la incrustación de la mezcla en cualquier punto de los moldes o del extrusor.

El PVC a temperatura ambiente se encuentra cristalizado solamente en un 10%, la cristalización completa del PVC ocurre a los 80°C. El PVC nunca alcanza un estado líquido 100% y el proceso de conversión del polímero a una masa homogénea propia para extrusión es llamado gelificación. El PVC alcanza una alta viscosidad durante su

transformación y la forma de su estructura particular permanece en gran proporción durante y después del proceso de extrusión.

Además de los estabilizadores térmicos se deben agregar aditivos para modificar el comportamiento del flujo y coadyuvar la gelación, estos aditivos incluyen siempre lubricantes, pigmentos y otros que producen menor viscosidad en la mezcla y por lo mismo se pueden utilizar menores temperaturas en la extrusión.

Tabla III. Propiedades principales del PVC rígido

Propiedad	Valor
Densidad	1.35 - 1.45 g/cc
Resistencia a la tracción	5000-9000 lb/plg ²
Modulo de tracción	4 - 6 lb/plg ² x 10 ⁻⁵
Temperatura máxima en uso continuo	49 - 71 oC
Temperatura de moldeo	141 - 205 oC
Absorción de agua en 24 horas	0.07 - 0.4 %

1.7 Aditivos y sus características

Para la extrusión del PVC con el fin de producir tubería, es necesario mezclar la resina con aditivos que ayudan a la transformación del PVC en el proceso y a obtener ciertas características en la tubería.

1.7.1 Estabilizador térmico

Tiene como función homogeneizar la resina expuesta a altas temperaturas en la extrusión y evitar su degradación, algunos estabilizadores líquidos tienen efecto lubricante en la mezcla y muchos ayudan a propiciar la gelificación.

1.7.2 Lubricantes

Los lubricantes tienen como función minimizar la fricción del polímero con el equipo empleado para la elaboración de compuestos, así como con el equipo de transformación, además de la fricción que se genera entre las partículas. Una óptima combinación de lubricantes permite obtener un balance entre el calentamiento de la mezcla y el flujo de la misma en el extrusor. Los lubricantes pueden proporcionar lubricación externa y/o interna, es decir lubricar entre la mezcla y el extrusor y/o dentro de la misma mezcla.

1.7.2.1 Lubricante externo en la mezcla

Un lubricante externo predomina en la lubricación metal-mezcla, o sea entre la máquina extrusora y la mezcla, como por ejemplo el polietileno.

1.7.2.2 Lubricante interno en la mezcla

Los lubricantes internos son más compatibles con el PVC que los lubricantes externos y su función es reducir la viscosidad de la mezcla y además puede mejorar el acabado superficial en la tubería, un de los mas usados es la parafina. Los lubricantes



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

causan varios efectos en la mezcla antes de la fusión, el PVC se fusiona por la acción del calor, presión y corte en la extrusión y los lubricantes dificultan ésta fusión mientras otros aditivos propician la fusión.

1.7.3 Modificadores de impacto

La tubería requiere cierta resistencia al impacto y la misma se alcanza mediante la adición de pequeñas cantidades de otro polímero, que provee la absorción de los impactos en la tubería, entre estos se encuentran el polietileno clorado y otros; cada tipo ofrece ventajas y desventajas propias que se relacionan al recubrimiento, claridad y efectos en la viscosidad de la mezcla durante el proceso.

1.7.4 Auxiliares del proceso

El PVC en la extrusión alcanza alta viscosidad y tiende a pegarse a las superficies metálicas sometidas a altas temperaturas y por lo mismo se fractura y degrada la mezcla, se contrarrestan estos efectos mediante otros polímeros tales como alifametilostireno y copolimero de metacrilato de metilo. Estos aditivos tienden a mejorar el comportamiento del flujo de la mezcla y propician una rápida gelificación, también a mejorar los acabados superficiales y proporcionar brillo en los tubos.

1.7.5 Rellenos

Pequeñas cantidades de distintos tipos de rellenos se añaden a la mezcla para alcanzar cierto tipo de propiedades en los tubos, usualmente son sólidos inertes, tales como carbonatos, silicatos, y otros; el más usado es el carbonato de calcio, que se encuentra en diversas formas de granulado y tamaño de partícula y especialmente grados de purificación.

Muchos rellenos permiten reducir la migración de otros aditivos a las superficies del equipo de extrusión y también obtener mejores acabados superficiales. Mayores niveles de adición se realizan algunas veces para bajar el costo de la formulación, se logra a expensas de la reducción de la capacidad tensionante del producto con altos niveles de rellenos, pero también existen limitaciones pues aumentan la viscosidad de la mezcla y disminuyen también el módulo de elasticidad en la tubería de PVC.

1.8 Proceso de fabricación

1.8.1 Mezclado

En la industria de plásticos, la palabra resina se refiere al polímero básico, en este caso PVC, mientras que mezcla se refiere a la mezcla homogénea de resina y varios aditivos. Antes del proceso de extrusión para producir la tubería se agregan los aditivos a la resina PVC en el proceso de mezclado. Esta mezcla se hace basándose en una formulación determinada, la cual tiene por objetivo crear propiedades específicas en los tubos a producir y obtener un comportamiento óptimo de la resina PVC en el proceso de extrusión.

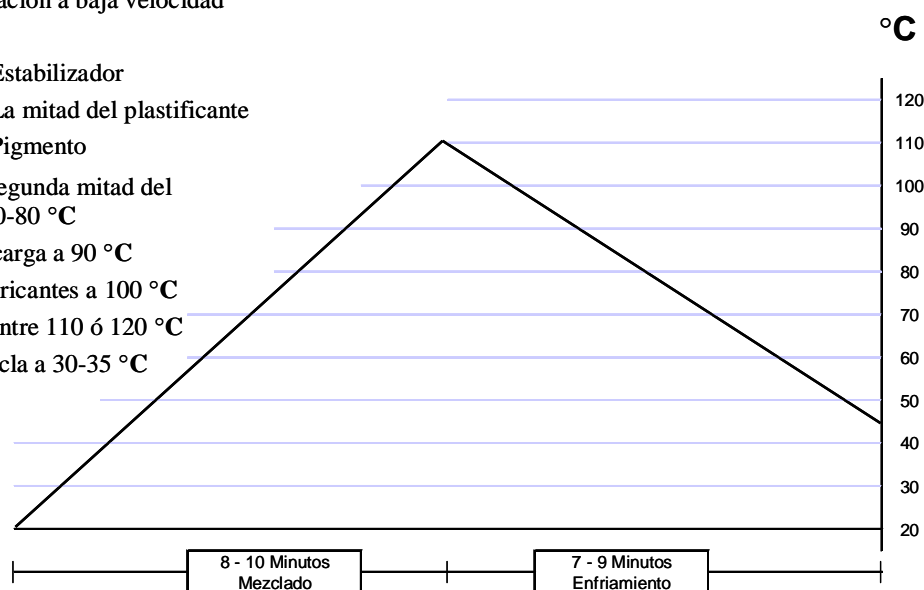
Antes de entrar a detalle específico sobre las condiciones mecánicas y térmicas del mezclado de la tubería PVC, para este estudio de tesis se detallan dos procesos básicas sobre el procedimiento de mezclado de los compuestos del PVC.

1.8.1.1 Compuestos flexibles de PVC

1. Adicionar el PVC al mezclador a temperatura ambiente e iniciar la operación a baja velocidad.
2. Adicionar inmediatamente el estabilizador, la mitad de plastificante y el pigmento a baja velocidad. Posteriormente se cambia a alta velocidad con el fin de compensar la demanda de energía que se gasta al arrancar el motor y para homogeneizar la mitad del plastificante que se adicionó.
3. Adicionar la segunda mitad de plastificante y los lubricantes cuando la mezcla se encuentre entre 70 y 80 °C.
4. Alcanzar 90 °C y adicionar la carga.
5. Descargar la mezcla al enfriador cuando se llegue a 110 - 120 °C.
6. Enfriar la mezcla seca 40 o 50 °C y tamizar en malla 40 antes de almacenarla o transformarla.

Figura 1. Grafico temperaturas y tiempos del mezclado de compuesto flexible del PVC.

- ✓ Adicionar resina al mezclador
- ✓ Iniciar operación a baja velocidad
- ✓ Agregar:
 - o Estabilizador
 - o La mitad del plastificante
 - o Pigmento
- ✓ Adicionar segunda mitad del plastificante a 70-80 °C
- ✓ Incorporar carga a 90 °C
- ✓ Agregar lubricantes a 100 °C
- ✓ Descargar entre 110 ó 120 °C
- ✓ Enfriar mezcla a 30-35 °C
- ✓ Tamizar

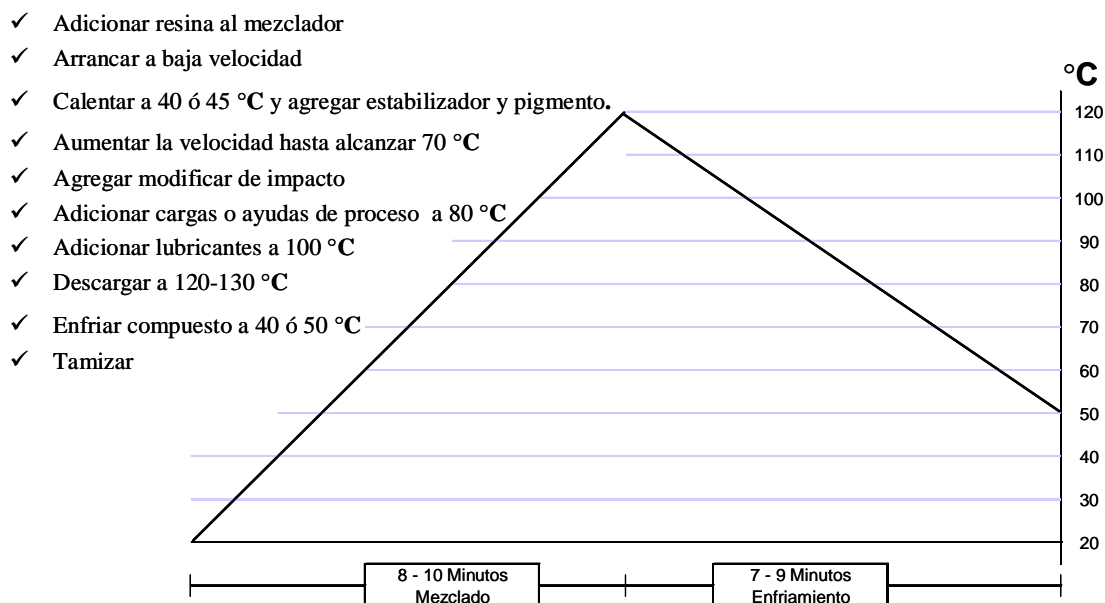


1.8.1.2 Compuestos rígidos de PVC

1. Adicionar el PVC al mezclador y arrancar a baja velocidad.
2. Alcanzar 40 °C y con baja velocidad adicionar los estabilizadores.
3. Cambiar a alta velocidad para alcanzar 70 °C y agregar modificador de impacto.
4. Adicionar a 80 °C cargas, si se requieren, y ayudas de proceso.

5. Adicionar lubricantes a 100 °C.
6. Descargar la mezcla al enfriador a 110 o 120 °C.
7. Enfriar el compuesto de PVC a 40 o 50 °C y tamizarlo.

Figura 2. Grafico temperaturas y tiempos del mezclado de compuesto rígido del PVC



En la industria la fabricación de la tubería PVC, la formulación viene dada en porcentajes de resina y aditivos, la cual se compone generalmente de un 90 a 95% de resina PVC y el porcentaje complementario es de distintos aditivos uniformemente distribuidos, particularmente el estabilizador térmico.

La máquina donde se realiza la mezcla está formada, generalmente por una tolva de carga, un depósito cerrado dentro del cual gira una propela de varias paletas y en el



mismo se encuentra una paleta fija, una cámara de enfriamiento para la mezcla y una tolva de descarga.

El mezclado se realiza en seco introduciendo por la tolva de carga al depósito de mezclado la resina PVC, la alta velocidad de mezclado provoca fricción entre los polvos y por lo mismo se eleva la temperatura en esta operación ayudando a homogeneizar la mezcla, conforme las partículas de PVC se calientan también se expanden, desarrollando una apariencia porosa, cuando se da esta configuración las partículas se recubren uniformemente con los aditivos que se agregan en ese momento según la fórmula.

Se alcanza un rango máximo de temperatura entre 100 y 120 °C. Algunos ingredientes, tales como lubricantes, se mezclan a elevadas temperaturas a través de la dispersión, provee mayor homogeneidad a la mezcla. Después de un intenso mezclado durante varios minutos se obtiene una cantidad completa de mezcla. Luego se descarga la mezcla a la cámara de enfriamiento; aquí se mezcla a baja velocidad hasta alcanzar nuevamente la temperatura original para luego descargar la resina preparada para extrusión.

Luego, según la demanda de mezcla se puede transportar neumáticamente por medio de aire que se mueve a velocidades controladas a través de conductos, hacia silos de almacenaje, y/o tolvas alimentadoras de extrusión.

Las características esperadas después de ésta operación son:

- a. Buen mezclado
- b. Polvo libre de aglomerados
- c. Alta compactación y densidad aparente
- d. Exento de agua y otros materiales volátiles.

1.8.2 Extrusión

La extrusión se clasifica como un proceso continuo, es decir, que durante todo instante del trabajo normal de una máquina se obtiene producto invariablemente. Durante la transformación, la resina alimentada es fundida por la acción de temperatura que proviene de un elemento giratorio denominado husillo. En este dado que le proporciona una forma definida y de sección transversal constante, para finalmente ser enfriada para evitar deformaciones posteriores.

Este es un proceso de transformación primario, donde el plástico se funde y plastifica por medio de un husillo, que, además, es impulsado a salir bajo presión a través de una matriz metálica o dado el cual confiere una forma útil, para finalmente recibir un enfriamiento que provoca su solidificación y proporciona estabilidad a la figura obtenida.

La mezcla de PVC en forma de polvo fluye desde de una tolva de alimentación hacia una garganta de alimentación dentro de barril del extrusor donde es recibida por los tornillos rotativos. El material es transportado con un acción de bombeo entre los filos de los tornillos y el barril a través del extrusor.

Conforme va pasando el material se expone controladamente a altas temperaturas y altas presiones, y se convierte de un polvo seco a una masa plástica viscosa. Para proveer las propiedades requeridas en la tubería el proceso es cuidadosamente monitoreado y controlado.

Cuando la plastificación ha sido completada y gases volátiles han sido removidos del barril, el material es preparado para su formación final. La masa plástica y viscosa es extruída en un molde con forma de tubo bajo altas presiones (2000-5000 lb/plg²). En el molde de extrusión el material plástico caliente adquiere una forma cilíndrica.

Conforme abandona el molde de extrusión en el orificio de salida, el material esta extremadamente caliente (sobre los 190 °C) y flexible.

Una ventaja importante de utilizar una máquina extrusora de tornillos gemelos para la producción de tubería es la propiedad que ésta tiene para actuar como una bomba de flujo positivo. En cualquier tipo de máquina el flujo del mezclado es independiente de la fricción entre el tornillo-mezcla-barril, además de ser independiente de las condiciones del molde, pero se pueden alcanzar eficiencias de salida según la alimentación del mezclado, siendo éste un factor importante para el mantenimiento constante de las dimensiones de los elementos mecánicos de la máquina.

Para producir los tubos de PVC, los extrusores poseen en la salida los moldes adecuados que le dan la forma al tubo y un espesor de pared determinado, luego las dimensiones diametrales se afinan por medio de un calibrador, ya sea al vacío o por presión, y luego se hace pasar a través de un equipo complementario en que se realizan las siguientes operaciones.

Cada extrusor se utiliza para producir distintos tipos de tubo PVC de un determinado rango de diámetros, y acoplado a cada extrusor existe una serie de operaciones continuas en línea que se le denomina la línea de extrusión.

1.8.3 Formador o calibrador

Este es el dispositivo llamado calibrador es el dispositivo empleado para proporcionar las dimensiones requeridas en la tubería, es decir, diámetro interior y exterior.

Calibración externa: después de que se ha proporcionado forma al plástico, las dimensiones pueden estar relativamente lejanas de las especificaciones. Y es que



realmente no es posible obtener un tubo con dimensiones adecuadas únicamente con un buen diseño de dado.

En este momento interviene un elemento llamado calibrador, el cual consiste es un cilindro metálico, maquinado de tal manera que el diámetro interno de este es igual al diámetro externo que se desea en el producto. Para cada diámetro se debe contar con un calibrador específico.

Para efectuar la calibración, el tubo que emerge del dado y que aun se encuentra a alta temperatura como para deformarse ante algún esfuerzo, debe adherirse a la superficie interna del calibrador y enfriarse para conservar el diámetro externo. Para lograr que el tubo reblandecido se expanda hasta la pared del formador se requiere que la presión interna del tubo sea mayor que la presión externa.

Existen dos métodos de calibración externa a saber: a) por vacío y b) por presión.

Calibración interna: En casos muy especiales, se requiere que la tubería tenga calibración interna, esto es, que el diámetro interno permanezca constante y lo mas cercano posible a una dimensión preestablecida.

En estos casos se utiliza un calibrador sólido en el centro de la tubería inmediatamente después de salir por el dado. Este tipo de calibración es muy poco utilizada y técnicamente mas compleja, ya que el calibrador debe encontrarse enfriado de forma constante.

1.8.4 Enfriamiento

El tubo ya formado sale del extrusor a altas temperaturas y para darle rigidez es necesario el enfriamiento, que se realiza por medio de baños de enfriamiento que consisten en cámaras largas y cerradas a través de las cuales pasa el tubo y se le rocía agua a baja temperatura, aunque también puede utilizarse sumersión, siendo la última menos común. El equipo de enfriamiento depende de las dimensiones del tubo, pues si el mismo posee mayor masa se deben utilizar hasta dos baños de enfriamiento continuos.

El agua utilizada para el proceso de enfriamiento debe utilizarse un equipo de refrigeración para que la temperatura de esta se encuentre entre 16 y 20 °C al momento de hacer contacto con el tubo.

1.8.5 Impresión

Después del baño de enfriamiento se coloca una impresora de tubo para rotular el mismo, la que consiste en sellos redondos que giran e imprimen paralelamente el tubo.

1.8.6 Halado

El tubo pasa a través de una maquina haladora conocida como *Puller* que hala el tubo, formada por medio de dos fajas en contra rotación que presan y halan el tubo que sale continuamente desde el extrusor.



1.8.7 Cortado

El *Puller* envía el tubo hacia una sierra de cinta automática, que corta el tubo en movimiento al largo requerido, para los tubos de grandes diámetros se utilizan sierras planetarias.

1.8.8 Operación de campaneo

El extremo acampanado del tubo se hace después de fabricado el mismo, puede realizarse en línea al proceso de producción o como una operación independiente.

La campana se forma calentando la punta del tubo en un horno hasta que se ablanda y luego se moldea por medio de un molde de acero que se introduce a presión formando la llamada campana, se saca y se enfría de nuevo a temperatura ambiente o por medio de rocío de agua fría.

1.9 Pruebas de calidad aplicadas en tuberías de PVC

En el proceso de producción se controla que los tubos tengan el diámetro exterior y el espesor de pared especificados por el SDR que corresponda a la presión de trabajo que se desea.

Para garantizar que la tubería PVC soporte la presión para la cual fue diseñada, indicada en la impresión en tinta sobre cada tubo, deben realizarse al menos las siguientes pruebas:

1.9.1 Prueba dimensional

Consiste en medir con un micrómetro, vernier o cinta de alta precisión el diámetro exterior, el espesor de pared y la excentricidad del tubo fabricado.

1.9.2 Prueba de presión de ruptura rápida

Para confirmar que el tubo soportará la presión de trabajo que se imprime en el mismo, se realiza una prueba de presión, que consiste en aumentar la presión interna de una muestra de tubo usando una bomba de agua que proporciona presión en aumento hasta la ruptura del tubo, verificando que la presión de ruptura sea la esperada según las normas con que fue diseñado.

1.9.3 Prueba de acetona

La prueba de acetona tiene por objetivo verificar la unión de las partículas sumergiendo una parte del tubo en acetona durante 20 minutos y observando después si fue dañado, en dado caso el tubo es rechazado

1.9.4 Prueba de resistencia al impacto

La tubería de PVC para conducción de fluidos a presión debe tener un mínimo de resistencia al impacto para soportar el trabajo, el transporte y manejo en la instalación, la resistencia al impacto se mide en lbs-pies y la prueba consiste en dejar caer un mazo de punta roma que pesa 20 lbs desde una altura determinada que se mide en pies.

1.9.5 Prueba de resistencia al aplastamiento

Al aplicarle una carga suficientemente grande a un tubo, de manera que deforme su diámetro, no deberá quebrarse, astillarse o rajarse, aún cuando dicha carga reduzca el diámetro hasta un 40% de su valor original. Cuando resiste estas cargas se dice que la tubería tiene buena resistencia al aplastamiento. Para probar esta característica, se usa una prensa hidráulica que aplasta el tubo, entre dos platos de metal que están paralelos entre sí y luego se observa si no sufrió daños.

1.10 El reproceso

Se conoce como reproceso a la preparación, para volver a ser extruído, del material reprocesable que haya sido separado en el proceso de fabricación de la tubería, ya sea por preparación de maquinaria, inconvenientes en el flujo del proceso, cortes o afinaciones finales, etc.

Este material reprocesable, llamado también *scrap*, consiste en pérdidas temporales del proceso que por sus propiedades fisicoquímicas puede ser molido, pulverizado y mezclado para ser extruído nuevamente.

La molienda o el molido del *scrap* se realiza en un molino especial que corta el mismo en pedazos diminutos de hasta 1.5 cm, luego estos son reducen a partículas homogéneas en un pulverizador para que después sean utilizados como materia prima para extrusión.

Figura 3. Diagrama de operaciones de fabricación de tubería PVC.

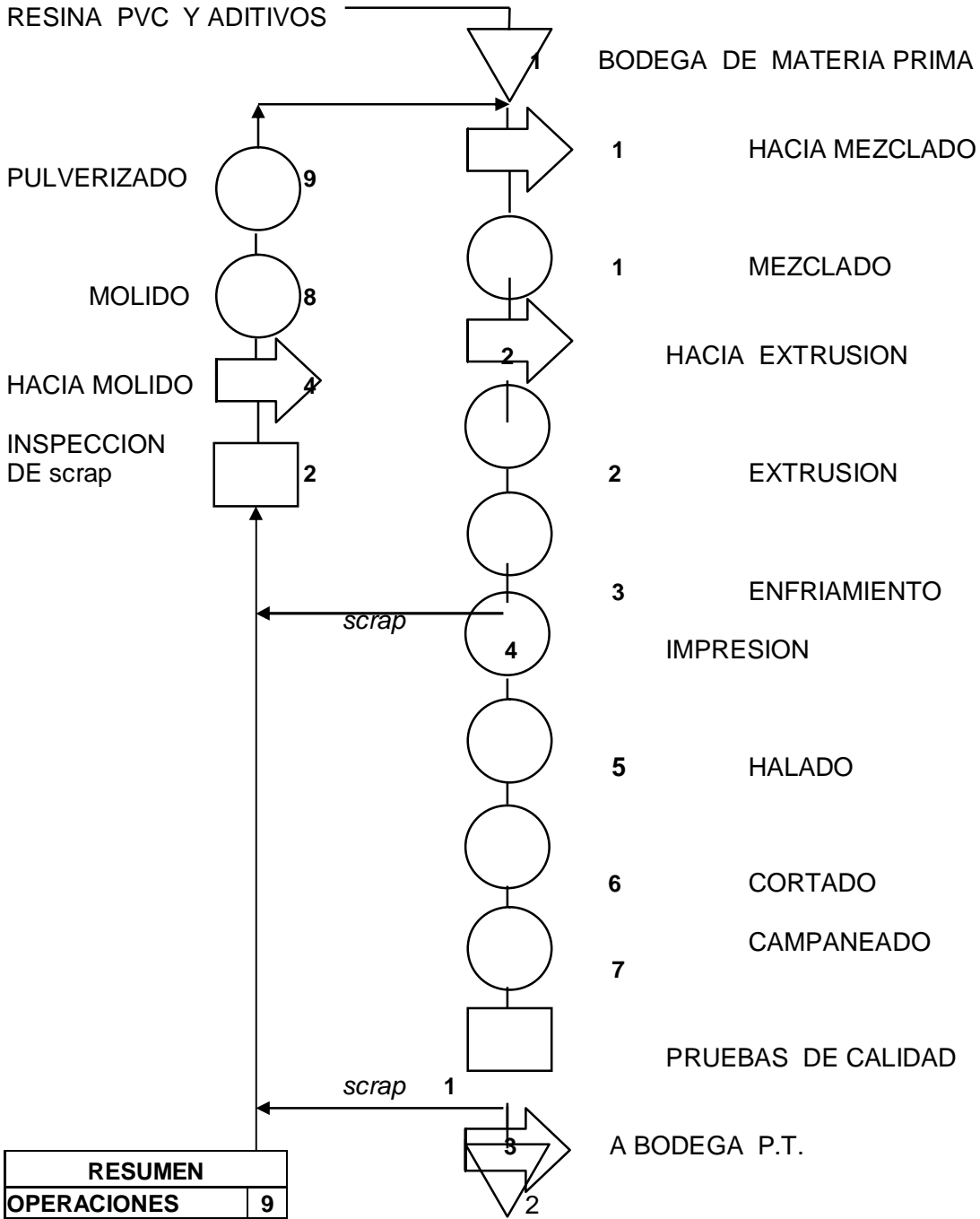


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso

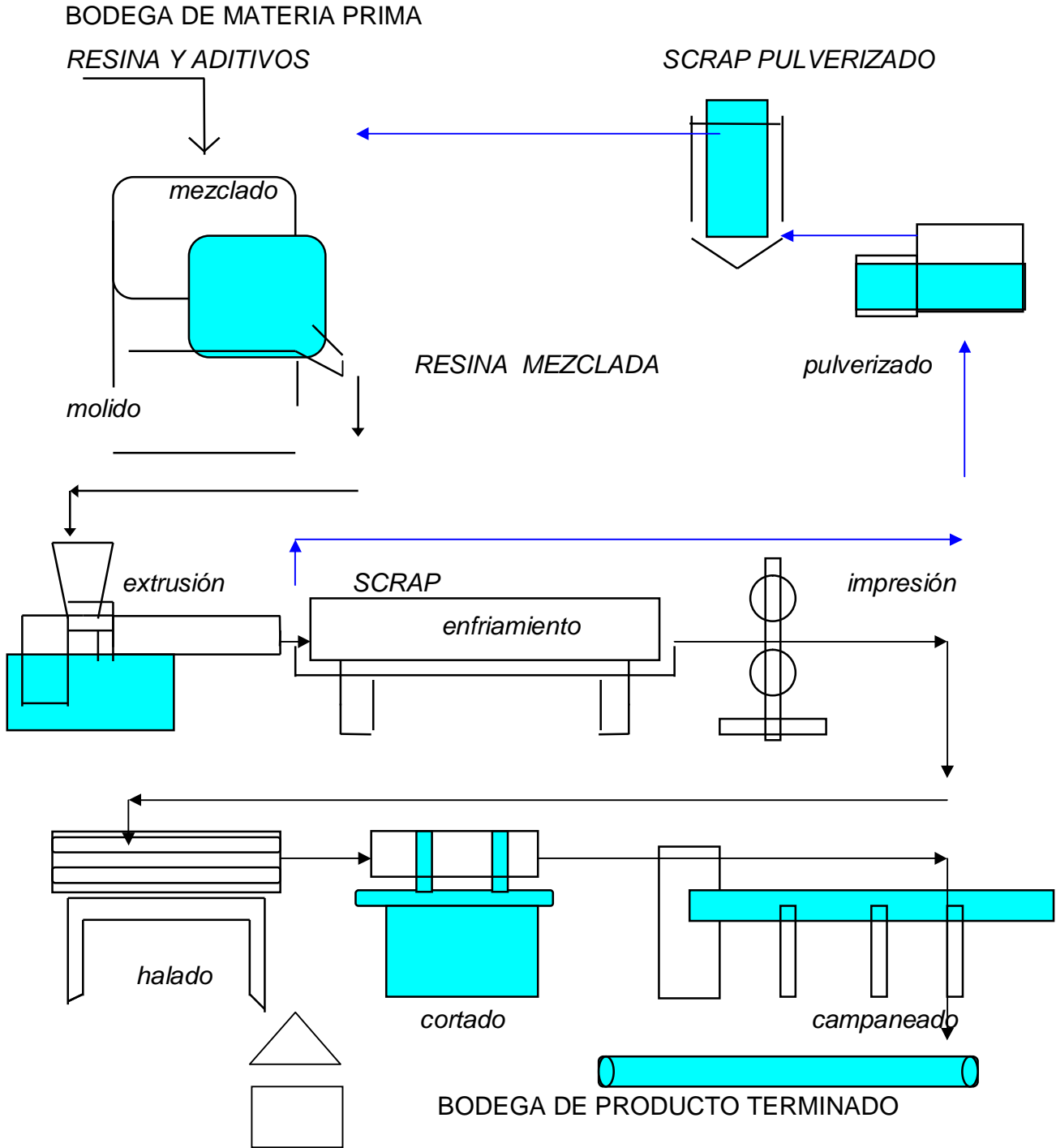


Figura 5. Extrusor de PVC

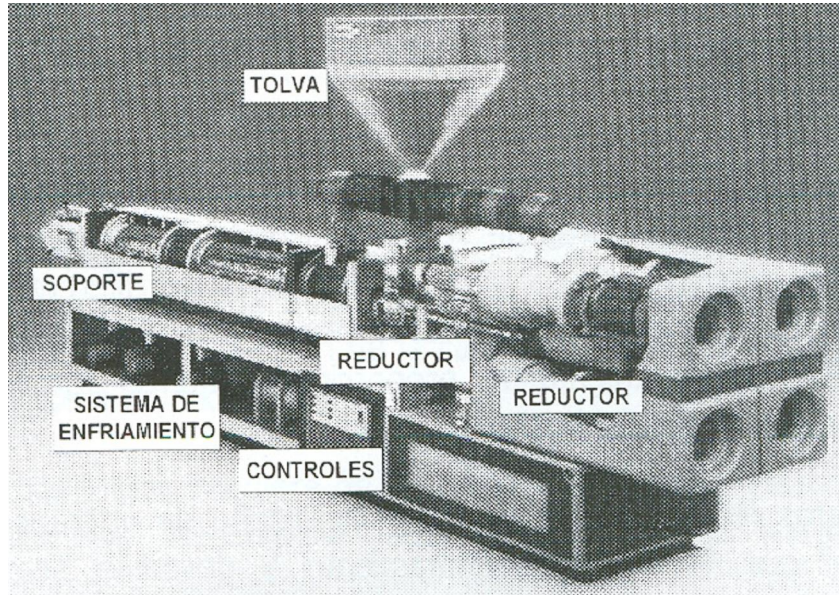
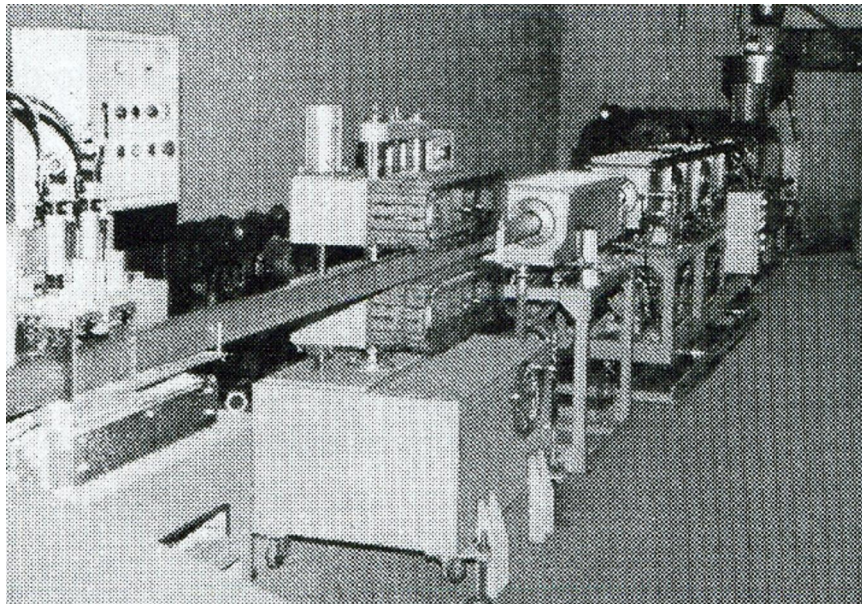


Figura 6. Línea de extrusión





2. ASPECTOS ESENCIALES PARA LA PLANIFICACIÓN Y EL DISEÑO DE LA PLANTA

2.1 Localización de la planta

La localización óptima de una planta industrial es una tarea básica que puede influir en el éxito o fracaso de una industria. Se debe seleccionar el lugar apropiado, considerando diversos factores elementales, debe situarse donde pueda producirse obteniendo el menor costo de producción y distribución, tomando en cuenta factores importantes como espacio para expansión, condiciones de seguridad de operación y relaciones con la comunidad aledaña.

Debe existir un consenso general entre los involucrados en el diseño antes de alcanzar una etapa detallada del proyecto para establecer firmemente la localización de la planta y así pormenorizar el diseño de la misma.

La elección del lugar debe realizarse a través de una evaluación de los posibles sitios de localización, incluyendo investigaciones completas de ventajas y desventajas entre distintos sitios geográficos y de opciones de bienes raíces. Los principales factores a considerar para localizar una planta de tubería PVC en la elección deben ser: Mercado real y potencial, restricciones legales, disponibilidad de energía, mano de obra y de materia prima, clima, disponibilidad agua y drenajes, sitios para desechos, comunicaciones y características del terreno.

Después de ejecutar la planificación y proyección de la planta conoceremos los requerimientos para cada factor, incluyendo el área del terreno.



2.1.1 El mercado real y potencial

En 1998 se comercializaron aproximadamente 1500 toneladas de tuberías y accesorios de PVC mensuales, y por la falta de construcción e infraestructura de aguas y drenajes en el país se ha observado crecimiento anual de 15%, un 58% se comercializa en la ciudad de Guatemala y el 42% en el interior del país.⁴

2.1.2 Restricciones legales

Además de investigar todos los aspectos legales que se mencionan posteriormente en el punto 2.2 deben prever tendencias legales que puedan afectar en un futuro la localización de la planta en determinada región como las propuestas de leyes concernientes y el desarrollo de leyes ambientales.

2.1.3 Disponibilidad de energía, mano de obra y materia prima

Se debe investigar la disponibilidad de energía en el voltaje adecuado consultando a la empresa eléctrica.

Donde existe energía eléctrica doméstica se pueden realizar las acometidas desde la red de 13000 KV pero si en la planta se proyecta utilizar una sub-estación eléctrica de

mas de 1 megavatio se deberá realizar una acometida desde la red de transmisión de 69000 KV, y de encontrarse ésta muy alejada del lugar se podría incurrir en costos de gran magnitud para llegar a ella.

La mano de obra en una planta de tubería de PVC debe ser preferiblemente calificada, los operarios deben poseer estudio básico y los supervisores estudios universitarios, además se debe tener al alcance personal administrativo y profesional como secretarias, contadores e ingenieros, por lo que debe tomarse en cuenta la calidad y cantidad de mano de obra en disponibilidad dentro del área.

La materia prima es generalmente importada, aunque siempre se adquieran productos localmente, debe tomarse en cuenta que los fletes hacia lugares muy alejados del movimiento aduanal son de mayor costo.

2.1.4 Disponibilidad de agua y drenajes

Debido a la naturaleza del proceso, la disponibilidad de agua potable es muy importante ya que es necesario utilizar grandes cantidades en el enfriamiento del tubo, además es preferible si esta se encuentra a una temperatura no mayor de los 20 °C.

Los drenajes son muy importantes pues de no existir se deben encontrar formas alternas, tales como fosas sépticas. También es necesario incluir una planta de tratamiento de aguas en el diseño.

2.1.5 Sitios para desechos

La disponibilidad de un sitio para eliminar los desechos es esencial, pues la ausencia de uno provocaría altos costos para el manejo de desechos industriales. Se

⁴ Dato según Cámara de Industria al año 2001



debe consultar la legislación municipal y crear un sistema de manejo de desechos que cuente con la localización de uno o más rellenos sanitarios cercanos a la planta.

2.1.6 Comunicaciones y transporte

La existencia de medios de comunicación es esencial para el desarrollo normal de la planta, telefonía y red de transmisión de datos para el manejo de informática. Acceso y transporte adecuado para el personal, carreteras para el movimiento cotidiano como recepción de materia prima y despacho de producto no deben faltar en el área a localizar la planta.

2.1.7 Características del terreno

El terreno debe ser preferiblemente plano para operación y disminución de costos por movimiento de tierras al construir; debe ser sólida y se recomienda realizar un estudio geológico del mismo para conocer sus propiedades y evitar futuros deslizamientos, hundimientos o el encontrarse en una zona de alta probabilidad sísmica.

2.2 Aspectos legales

Con el fin de establecer una planta industrial en Guatemala es necesario analizar los aspectos legales claves que son críticos para la ubicación y el diseño de la misma. Los reglamentos de construcción y otras regulaciones pueden afectar la distribución y el costo de los edificios de la planta.

Para construcciones o instalaciones de tipo industrial, en la ciudad de Guatemala o en otro municipio del país donde no existen requisitos sobre construcciones



**PDF
Complete**

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

industriales en sus reglamentos, se deben cumplir aquellos establecidos en el reglamento de localización e instalación industrial de la municipalidad de Guatemala. En este reglamento se incluyen las especificaciones sobre las zonas de tolerancia industrial en la ciudad de Guatemala, incluyendo varios requisitos a cumplir del código civil, del código municipal y del reglamento de drenajes de la ciudad.

Además, en Guatemala, es necesario obtener la licencia municipal para realizar actividades de excavación, nivelación, construcción, ampliación, modificación, reparación y demolición de edificaciones. Esta licencia se obtiene en la municipalidad respectiva al sitio donde se ejecutará la construcción. Para obtener la licencia de construcción se deben de cumplir los requisitos dados por el Reglamento de Construcción, Urbanismo y Ornato de cada municipalidad.

Es requisito primordial para que toda municipalidad otorgue la licencia de construcción de un edificio industrial poseer con anterioridad la autorización de la comisión nacional del medio ambiente, quien exige un estudio de impacto ambiental para todo proyecto de tipo industrial, la legislación aplicable para lo mismo es el Decreto Ley 68-86 del Congreso Nacional de la República de Guatemala correspondiente a la ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la cual se instituye el estudio de evaluación de impacto ambiental como el instrumento para hacer compatibles el desarrollo del país y la protección al medio ambiente nacional .

El Decreto Ley 1-83 del Congreso Nacional de la República de Guatemala, modifica al Decreto ley 68-86 del Congreso Nacional de la República de Guatemala, en el sentido de sancionar a todo funcionario publico que en ejercicio de sus funciones omitiera exigir la presentación del estudio de impacto ambiental previo a la autorización de proyectos de desarrollo en el ámbito de su competencia.



**PDF
Complete**

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

El Decreto ley 45-79 del Congreso Nacional de la República de Guatemala, corresponde al código de salud, el cual en su libro II, Título I, Capítulos II, III, IV, VII, VIII; se refieren a diferentes aspectos relacionados con el saneamiento del medio ambiente, abastecimiento del agua potable, eliminación y disposición de excretas y aguas servidas, disposición de basuras, afluentes residuales, molestias publicas, riesgos colectivos y de la higiene laboral.

2.3 Aspectos ambientales

Los aspectos ambientales que se deben de tomar en cuenta para el diseño de la planta de producción de tubería PVC son definidos en un estudio de impacto ambiental.

Los estudios de impacto ambiental pueden ser significativos o no significativos, pero para el desarrollo de un proyecto de gran magnitud, como lo es la instalación de una planta productora de tubería PVC se exige el estudio significativo de impacto ambiental.

El estudio significativo de impacto ambiental de una planta productora de tubería de PVC se divide en tres partes: evaluación del impacto ambiental, el plan de seguridad ambiental, y el plan de mitigación y contingencia del proyecto.

2.3.1 La evaluación del impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental debe contener lo siguiente:

- a) Información general de la empresa: nombre de la empresa, nacionalidad, actividad principal de la empresa, domicilio para recibir notificaciones, nombre del representante legal de la empresa y nombre del responsable del estudio de evaluación de impacto ambiental.
- b) Descripción general del proyecto: nombre y naturaleza del proyecto localización del área. Procedimientos y tipos de construcción a realizar, descripción del proceso de producción, descripción de los productos, tipo de almacenaje, tipo de distribución del producto, cantidad de personal en la planta.
- c) Aspectos generales del medio natural: rasgos físicos, rasgos hidrológicos, geología del área, componente edáfica, componente atmosférica o calidad del aire.
- d) Rasgos biológicos: fauna y flora
- e) Medio socioeconómico y cultural: demografía, vías de comunicación y accesos, servicios publico e infraestructura, principales actividades económicas del área.
- f) Análisis de la contaminación: fase de construcción, fase de operación y mantenimiento de la planta.
- g) Análisis del impacto ambiental: consecuencias del proyecto.

2.3.2 El plan de seguridad ambiental

Un plan de seguridad ambiental debe estar compuesto por:

- a) Limpieza, conformación y compactación del terreno: tala de árboles, uso de maquinaria pesada, disposición de materiales a remover.
- b) Edificación y construcción de estructuras: sistemas de desagüe, contaminación visual y los residuos sólidos del montaje estructural.
- c) Higiene industrial, salud y seguridad: plan de reacción a emergencias, plan de evacuación, programas e información de seguridad industrial, plan de manejo de desechos durante la construcción, plan de manejo de desechos de la operación de la planta, incluyendo aquellos peligrosos y los no peligrosos.

2.3.3 Plan de mitigación y contingencia

- a) Descripción detallada del proceso de fabricación de tuberías de PVC.
- b) Una distribución preliminar de los distintos departamentos que conforman la planta.
- c) Planes de mitigación de los impactos negativos al medio ambiente para: suelos, aire, aguas, visual, auditiva, líquidos, sólidos y gaseosos.
- d) Medios para restablecimiento de la alteración biótica del área.

2.4 Aspectos de seguridad e higiene industrial esenciales para el diseño

Debido a la importancia de la seguridad industrial, es esencial tomar en cuenta todos aquellos aspectos que deban incluirse en el diseño de los edificios industriales para proporcionar una infraestructura segura considerando el manejo adecuado de un plan completo de seguridad e higiene industrial.

2.4.1 Pisos

Los pisos de las plantas industriales son, en general, de concreto vaciado en obra. El acabado de los pisos puede ser de concreto aparente, con una cubierta de concreto endurecido; un acabado de piso ideal debe ser resistente al uso y a la acción de las sustancias derramadas, limpio, cómodo, antiderrapante, fácil de limpiar y de bajo costo de mantenimiento. Los pisos deben permanecer limpios y en buen estado durante la operación de la planta, por lo tanto deben diseñarse adecuadamente para poder darles el mantenimiento efectivo, evitar que se dañen fácilmente y que sean muy resbalosos.

Deben ser diseñados con los niveles adecuados para evitar el estancamiento de líquidos y la abertura de sisas, se deben evitar las tapaderas en lugares de paso o caminamientos. Si existen trincheras las tapaderas deben ser de alta resistencia para no quebrarse con el paso peatonal o de montacargas.

2.4.2 Escaleras

Los locales de los centros de trabajo deben tener escaleras o rampas que comuniquen sus diferentes niveles, aun cuando existan elevadores. La disposición, construcción y situación de las escaleras es uno de los problemas más importantes en



el diseño de plantas industriales y que afecta en forma de salidas, la vida y seguridad de todos los empleados y en forma de entradas, el equipo, la seguridad y eficiencia de las operaciones.

En escaleras de salida un ancho de 22 pulgadas es suficiente para una persona, y el ancho total de la escalera debe ser un múltiplo de esta unidad con un mínimo de 3 pies en donde solo se requiera una sola escalera.

En una escalera de hasta 66 pulgadas se pondrá unos pasamanos a cada lado, pero en una mas ancha se pondrá otro en el centro.

Unos pasamanos deben estar localizados en toda la longitud de la escalera a una altura mínima de 90 centímetros. Unos pasamanos que no sobresalgan mas de 3 pulgadas no quita espacio efectivo al ancho de una escalera, pero las vigas, columnas y otras obstrucciones no deben interferir en el ancho efectivo de la misma.

No se deben colocar más de 15 escalones por tramo y, pasando este numero, se deben colocar descansos. No deben permitirse escaleras de caracol en vueltas ni tramos rectos con menos de tres escalones.

Las escaleras deben construirse de forma tal que el total de empleados puedan ser evacuados fácilmente. Las escaleras de salida deben estar apropiadamente colocadas dentro de paredes y puertas a prueba de incendios. Deben construirse de materiales incombustibles y con bordes antiderrapantes.

Las huellas de los escalones deben tener un ancho mínimo de 25 centímetros y sus peraltes un máximo de 18 centímetros, el ancho de las huellas debe medirse sobre la normal de la máxima proyección vertical de dos narices contiguas. El peralte debe medirse, sobre la vertical entre las proyecciones horizontales de dos huellas contiguas.



En cada tramo las escaleras deben tener el mismo ancho y todos los peraltes la misma altura. Las narices de los escalones deben ser romas.

2.4.3 Pasillos

El ancho mínimo de los pasillos debe ser de 70 centímetros para circulación de una persona en una vía. El espacio sobre el piso alrededor de las máquinas debe ser suficiente para permitir las labores propias de los trabajadores.

En los centros de trabajo, los cruzamientos de andadores para peatones y caminos para vehículos o vías de trenes, deben estar protegidos por barreras, guarda barreras o por señales de seguridad audibles, visibles o ambas. Deben delimitarse y señalizarse los pasillos peatonales para que se mantengan libres de obstrucciones.

2.4.4 Salidas de emergencia

Todo edificio o estructura debe ser construido, equipado y mantenido para evitar daños a personas y asegurar un egreso seguro a sus ocupantes en caso de incendio, o pánico resultante de cualquier emergencia. Las plantas industriales deben tener salidas de emergencia que cumplan con normas de seguridad según tipo de edificio, localización de personal y número de personas que laboran dentro del mismo para brindar a todos sus ocupantes las facilidades adecuadas para evacuar en caso se suscitase alguna emergencia.

2.4.5 Instalaciones de higiene

Toda planta industrial debe poseer instalaciones de higiene adecuadas en número y tipo suficientes para el personal que en ella labore o este de paso (ver tabla IV, distribución de equipos de higiene por cantidad de personal). Además deben mantenerse en condiciones adecuadas llevando un mantenimiento continuo.

Tabla IV. Distribución de servicios de higiene por cantidad de personal

Empleados por turno	1-5	6-12	13-30	31 o más
Servicios				
Baños para hombres	1	2	2	1 por 15
Baños para mujeres	1	2	3	1 por 12
Mingitorios	0	0	1	1 por 20
Lavabos individuales	1	2	1 por 7	1 por 8

2.4.6 Codificación de colores en planta

Debe existir una codificación uniforme en la planta, que permita identificar el equipo de seguridad y la tubería de servicio que en ella funcione. Los siguientes colores son los normados por el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social y se pueden utilizar como estándar.

Color rojo: Se utiliza exclusivamente en relación con el equipo de prevención y combate de incendios. Depósitos de líquidos inflamables y botones de enchufes eléctricos.



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Color anaranjado: Indica puntos peligrosos de maquinaria que pueda cortar, apretar, causar choque o en su defecto causar lesión. Señala alerta, destaca peligros como puertas abiertas o cuando se ha quitado una guarda o protección.

Color amarillo: Señal universal de precaución. Se utiliza con mayor frecuencia para marcar áreas cuando existen riesgos de tropezar, caer, golpearse contra algo o quedar atrapado entre objetos. También se emplea para llamar la atención en peligros como: equipo de construcción, grúas o aparejos a baja altura, equipo de transporte de materiales, pilares o columnas contra las que se pueda chocar y plataformas de carga y sus vías de acceso.

Color verde: Es el color de seguridad básico, debe usarse para indicar la ubicación de equipo de primeros auxilios, mascarás contra gases, rociadores de seguridad y pizarrones con boletines de seguridad. El empleo de este color debe ser moderado para fijar con mayor facilidad los lugares de emergencia.

Color azul: Color preventivo, es una advertencia específica en contra de utilizar equipo que este en reparación. Se puede utilizar como auxiliar preventivo general en equipo como elevadores, calderas, andamiaje, escaleras, etc.

Color morado: Indica la presencia de riesgo de radiación, rótulos etiquetas, señales y marcas de piso se elaboran con una combinación de colores morado y amarillo.

Colores blanco y negro: Combinados indican sitios de tránsito y donde se realizan labores de aseo como escaleras, pasillos cerrados y la ubicación de notes de basura.

Además debe existir un sistema de codificación de todos los sistemas de tuberías que se utilicen en las instalaciones de la planta. (ver tabla V, código de colores para sistemas de tubería)

Tabla V. Código de colores para identificar sistemas de tuberías, según el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social

Color	Tipo de tubería
Rojo	Elementos contra incendios, red de agua y rociadores
Amarillo	Gases y corrosivos
Verde	Agua fría, potable o de río
Verde con anaranjadas	Agua caliente y calefacción
Gris	Para electricidad, timbres, alta tensión, teléfonos y drenajes
Anaranjado	Vapor
Castaño	Combustibles líquidos
Azul	Aire y aire comprimido
Blanco	Entrada y salida de ventilación, refrigeración

2.4.7 Iluminación

Las instalaciones internas de los edificios están sujetas a una amplia variación en la intensidad lumínica debido a las fluctuaciones de la luz exterior. En el diseño de la planta se debe lograr una distribución uniforme de la luz del día sobre un área interior de un tamaño considerable.

Para cada actividad debe haber un nivel de iluminación adecuado (ver tabla VI para conocer los lineamientos sugeridos para una planta de tubería de PVC).

Tabla VI. Niveles de iluminación para una planta productora de tubería de PVC

Área	Nivel (luxes)
Patios externos de almacenamiento y calles de acceso	200
Corredores y escaleras internos	75
Almacenes y bodegas internas	100
Área general interna de producción	200
Oficinas	300
Trabajo intenso de escritorio	750
Parqueos	100

Debe existir un sistema de iluminación de emergencia con una fuente de energía independiente para los cortes de energía eléctrica en las principales áreas de trabajo y rutas de evacuación.

2.4.8 Ventilación

La ventilación debe ser adecuada, especialmente en las situaciones en donde están presentes gases tóxicos o irritantes, como en las áreas de extrusión, polvos irritantes en las áreas de mezclado de resina, neblinas y humos en áreas de soldadura, solventes orgánicos en el laboratorio de calidad, agentes biológicos y cualquier otro agente que puedan provocar enfermedades cutáneas. Debe mantenerse un equilibrio entre la temperatura, la humedad y la ventilación, que permita un nivel adecuado de comodidad para cada actividad, también debe proveerse una ventilación general en las áreas generales de trabajo y en las áreas de descanso.

Tabla VII. Condiciones recomendadas de confort para fabricas con lugares de maquinados, tales como una planta productora de tubería PVC

	Temperatura de bulbo seco	Humedad relativa	Oscilación de la temperatura
Confort de fábricas con humectación	68-72 °F	35-30 °F	-4 a . 6 °F
Confort de fábricas sin humectación	68-72 °F		-6 °F

Para el laboratorio de control de calidad de la planta los requerimientos de aire es de 20 pie³/min por persona con un mínimo de 15 pie³/min por persona.

2.4.9 Techos y paredes

Los techos y paredes deben tener las características de seguridad para soportar la acción de las fuerzas debidas a los fenómenos meteorológicos y a las condiciones internas que se originen por las actividades en el centro de trabajo. Las paredes de los centros de trabajo, deben mantenerse limpias y en el interior, tener colores en tonos claros, de preferencia de acabado mate, contrastante con el color de la maquinaria y el equipo. Deben obtenerse las velocidades promedio y máxima del viento, y la cantidad

promedio de lluvia, en el área donde se construya la planta, así diseñar los edificios adecuados para soportar con cierto nivel de seguridad esas condiciones.

2.4.10 Acústica del edificio

Debe facilitarse en el diseño de ambientes de trabajo adecuados, previendo eliminar los sonidos molestos, creando un nivel de ruido mínimo por medio de la aplicación de materiales absorbentes del sonido en la parte interior de los techos, paredes y divisiones. Esencialmente donde se producen niveles sonoros mayores a 80 dB, que es el nivel máximo permitido para 8 horas continuas de trabajo según las OSHA.

Las áreas críticas en una planta productora de tubería PVC son aquellas donde se ubican los molinos de scrap, pulverizadores, mezcladores, sierras para el corte de la tubería y torres de enfriamiento. Los niveles de sonido en distintos lugares en una planta de tuberías de PVC son los de la tabla 8.

Tabla VIII. Nivel de sonido promedio en áreas de trabajo durante 8 horas.

ÁREAS DE TRABAJO	TWA (dB)
BODEGA DE MATERIA PRIMA	75
BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO	70
MEZCLADO	95
EXTRUSIÓN	90
ENFRIAMIENTO	100

Para disminuir el nivel TWA hasta 80 dB en los lugares donde el diseño y aplicaciones de ingeniería no pueden continuarse se deben utilizar protectores auditivos con una tasa de reducción de ruido no menor de 20 dB.

2.4.11 Protección contra incendios

Debe proveerse una cantidad suficiente de los tipos correctos de extinguidores y equipo auxiliar como hidrantes, mangueras, aspersores, etc. con el fin de afrontar los diferentes tipos de riesgos de incendio en la planta.

El diseño de la planta debe prever que el equipo extintor debe ubicarse cerca de las áreas de posible incendio (después de haber realizado un análisis de riesgos adecuado), pero no tan cerca que pueda ser dañado o sacado de servicio por un incendio y tomando en cuenta que la ubicación debe ser identificada rápida y fácilmente. Debe existir un sistema de alarma, que cuente con un sistema de energía de respaldo en caso de que se suspenda la corriente eléctrica.

Un sistema de hidrantes es esencial y debe diseñarse paralelamente a la distribución de agua y drenajes de la planta, la utilización de tanques de almacenamiento de agua no contaminada del proceso, piscinas, planta de tratamiento o tanques elevados es recomendable, la tubería expuesta debe ser a prueba de fuego y se deben tomar en cuenta que las presiones esperadas en la salida de los hidrantes varían de 200 a 300 psi, y la distancia entre un hidrante y un edificio debe ser entre 10 y 30 metros según la Agencia Nacional de Protección de Incendios de los Estados Unidos (NFPA)⁵. El almacenamiento de químicos inflamables y combustibles requiere regularmente de un edificio separado designado, el cual debe ser seguro, donde se

⁵ National Fire Protection Agency, por sus siglas en inglés



utilizan, almacenan o manipulan cantidades significativas, deben considerarse los siguientes puntos:

- a) Utilización de luces e instalaciones eléctricas a prueba de explosión.
- b) Los bidones de carga y contenedores utilizados deben estar conectados a tierra (eléctricamente).
- c) Deben existir pilas de contención para derrames máximos.
- d) El cuarto debe diseñarse para evitar el ingreso de fuego (paredes a prueba de fuego) y/o suministrar gabinetes de almacenamiento de químicos inflamables
- e) Restringir el acceso por medio de candado y llave.
- f) Poseer la ventilación adecuada para evitar la concentración de vapores a niveles explosivos en caso de un derrame.
- g) Rotular el área como área de no fumar y/o área de almacenamiento de productos químicos inflamables.

3. PROYECCIONES Y PLANIFICACIÓN DE EQUIPO Y ÁREAS

3.1 Proyección de la capacidad productiva de la planta

Se debe conocer cual será la capacidad instalada de la planta antes de iniciar el diseño para determinar la maquinaria que se ha de utilizar y ubicarla adecuadamente. La capacidad productiva de una planta de tubería de PVC se mide generalmente en toneladas métricas de tubería producidas por hora. Esta depende principalmente de la capacidad máxima de extrusión, la cual depende de la productividad, eficiencia y numero de extrusores, y de la capacidad de mezclado. Para proyectar la capacidad instalada para la cual se ha de diseñar la planta se establecen los siguientes pasos:

- a) Establecer el plazo adecuado para proyectar las ventas, tomando en cuenta el crecimiento del mercado, así diseñar el espacio suficiente para una posible expansión escalonada, según la demanda.
- b) Proyectar las ventas de los distintos tipos de tubos para el plazo definido en subperíodos anuales.
- c) Programar la producción de tubería en rangos de diámetros, para cubrir las ventas proyectadas.
- d) Programar la cantidad de líneas de extrusión y la capacidad de mezclado que debe realizar la producción anteriormente proyectada.

3.1.1 Proyección del plazo

La fijación del plazo depende de la visión de la empresa y muchas veces se relaciona con la planeación estratégica de la misma. Un plazo adecuado para una planta productora de tubería PVC puede variar desde 5 hasta 20 años, dependiendo de la visión de sus directores.

3.1.2 Proyección de las ventas

Para realizar una proyección de ventas de tubería de PVC se deben conocer datos históricos para pronosticar los mismos, la demanda de construcción e infraestructura, la inversión social en estos rubros y las ventas la industria de tubería de PVC en el país ayudaran a encontrar una ecuación de demanda de este producto. En el caso de una nueva empresa, se puede determinar la demanda de la tubería PVC a través de proyección de tendencias, encuestas a expertos y o análisis de correlación.

La demanda de tubería de PVC en Guatemala desde 1996 es ascendente, debido a varios factores, entre ellos la versatilidad del producto y la continua necesidad de construcción e infraestructura. Para pronosticar las ventas de un producto con demanda ascendente o descendente, se aplican los métodos de regresión lineal.

Estos métodos aproximan datos históricos para establecer una distribución proporcional de la demanda en el tiempo utilizando fórmulas matemáticas relacionadas con exponenciales y logaritmos, entre otros están el método de línea recta, método geométrico, método semi-logarítmico exponencial, método del logaritmo inverso y método hiperbólico.

También es importante tomar muy en cuenta que las ventas proyectadas pueden clasificarse utilizando la regla de Pareto u 80:20, donde como regla general

aproximadamente el 20% de los tubos producidos representan el 80% de las ventas. La clasificación se realiza por diámetros de tubería producida, escogiendo los rangos según la utilización de la maquinaria. Después de un análisis profundo de la demanda y de haber pronosticado el volumen de ventas para el plazo proyectado, las mismas pueden ser representadas de la manera de la tabla IX.

Tabla IX. Presentación del pronóstico de ventas

Clasificación	Rango	Ventas en toneladas métricas					
		año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año i
A	de 1/2" a 2"	300	700	500	700	600	300
B	de 2 1/2" a 4"	300	400	500	600	950	1200
C	de 5" a 8"	350	350	350	500	1000	1500
D	de 10" a 15"	-----	-----	200	400	600	800

3.1.3 Programación de la producción

Según las ventas proyectadas de los diversos tipos de tubos, estas se clasifican en rangos de diámetros, debido a que se utilizan distintos extrusores según los diámetros de tubería y la capacidad de cada extrusor. Se establece un programa general de producción que cubra cada año proyectado utilizando los extrusores adecuados para cada rango de diámetros y programando también las nuevas adquisiciones y los reemplazos de maquinaria.

La programación se puede presentar en un cuadro que incluya los datos adecuados del programa de producción.

Tabla X. Programación típica de la producción de tubería de PVC

Tipo y número de extrusor	Rango	Producción en toneladas métricas				
		año 1	año 2	año 3	año 4	año i
A1	de 1/2" a 2"	600	600	0	0	0
B1	de 2 1/2" a 4"	350	400	500	350	350
C1	de 5" a 8"	800	1000	0	0	0
D1	de 10" a 15"	400	300	200	200	0
A2	de 1/2" a 2"	520	550	560	580	560
B2	de 2 1/2" a 4"	0	0	350	350	500
C2	de 5" a 8"	0	0	1000	1200	1500
D2	de 10" a 15"	0	500	600	600	600
A3	de 1/2" a 2"	450	450	450	600	600
B3	de 2 1/2" a 4"	0	0	0	400	600

Nótese en la tabla X los espacios vacíos que representan reemplazos y compra de extrusores durante los distintos años de operaciones.

3.1.4 Proyección de las líneas de extrusión y mezclado

El número de extrusores de cada tipo que se han de utilizar en el último año proyectado en la programación de la producción, determina la cantidad de líneas de extrusión, ya sean sencillas o duales, para las que la planta debe ser diseñada. Conociendo cuales serán las capacidades de las líneas de extrusión, se puede determinar todo el equipo de cada línea y sus auxiliares, para así diseñar el área de extrusión.

Según la capacidad instalada en extrusión se determinará la capacidad de mezclado a utilizar, tomando en cuenta políticas de inventario a manejar, factores de seguridad y de contingencia, con esta información se deberá ubicar una proyección en



PDF Complete

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

maquinarias de mezclado de la misma manera que las líneas de extrusión, proyectando el espacio necesario para manejar el equipo de mayor capacidad a utilizar.

3.2 Proyección de Inventarios

De acuerdo con la producción programada y la política de inventarios de la empresa, se define el nivel óptimo de inventarios, en volumen, para el último año proyectado. El cual es base para el diseño y proyección de las áreas de almacenamiento de materia prima y tubería fabricada. Es necesario conocer el tipo de empaque o combinación del mismo, de la materia prima a utilizar en el proceso y eso depende principalmente por el tipo de alimentación a los extrusores, manual, automática o mecanizada que corresponde al tipo de almacenamiento de materia prima: bolsas jumbo, costales o silos.

Es recomendable para optimizar el almacenamiento del producto terminado el método de telescopiado, que consiste en estibar la tubería introduciendo los tubos de menor diámetro dentro de aquellos de mayor diámetro, ocupando así dos tubos el mismo espacio en almacenamiento. En tubos de menor movimiento se pueden telescopiar más de dos tubos.

4. DISTRIBUCIÓN Y DISEÑO DE ÁREAS Y SERVICIOS

Después de haber determinado la cantidad de líneas de extrusión, el número de extrusores y la capacidad productiva de la planta, se diseña una distribución de áreas según el proceso de fabricación de los servicios principales.

4.1 Áreas de trabajo

4.1.1 Almacenamiento de materia prima

La resina de PVC puede ser almacenada generalmente de tres maneras: Puede ser adquirida a granel y ser almacenada en silos, también en bolsas de alta capacidad de 200, 500 y 1000 Kg. llamados supersacos y en sacos con una capacidad que oscila entre 20 y 25 Kg.

4.1.1.1 Almacenamiento en silos

El almacenamiento a granel presenta un beneficio económico, pues implica un manejo mínimo o nulo de empaque. Sin embargo, para aprovechar este sistema al máximo se deben utilizar contenedores de gran capacidad, así como un sistema de distribución interno eficiente que pueda transportar la cantidad requerida de material.

Un silo, es un depósito cilíndrico vertical empleado para el almacenaje de materiales sólidos, ofrece una alta capacidad de almacenamiento con un mínimo de espacio requerido. De manera general, se considera que un silo consiste en un depósito



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

y una tolva. El depósito es la sección superior del recipiente, con forma cilíndrica y lados verticales. La tolva, que tiene forma cónica, es la sección entre el depósito y la salida del recipiente.

Este tipo de almacenaje elimina riesgos como contaminación del producto, merma por roturas accidentales y/o maltrato de envases y sacos, derrames en bodega y sobre todo disminución en los costos por mano de obra en maniobras de manejo.

Los silos pueden ser exteriores o de día o proceso, los exteriores pueden ser soldados o atornillados. Los soldados son construidos con placas roladas de acero al carbón unidas por soldadura y sus dimensiones pueden variar de 2.30 m a 3.66 metros de diámetro y alcanzar una altura de hasta 20 metros. Los atornillados son fabricados con hojas troqueladas de acero al carbón o acero inoxidable por medio de tornillería galvanizada, se recomienda su adquisición cuando las dimensiones del silo exceden 3.66 m. de diámetro o no es factible su traslado al lugar donde serán instalados, pueden tener diámetro 3.75, 4.69, 5.63 y 7.50 metros y una altura de 20 m. o más.

Silos de día o proceso se les llama a aquellos que tienen capacidad entre 0.5 y 3 toneladas de almacenamiento y se pueden emplear cuando no se requiere un alto inventario de resina o como paso intermedio en el transporte de material, es decir, se puede contar con silos externos lejos de la maquinaria del proceso y con silos de día para facilitar la alimentación a la maquinaria.

4.1.1.2 Almacenamiento en sacos y supersacos

El sistema de alimentación de los extrusores determina el tipo de presentación de la materia prima a utilizar, sin embargo puede ser un sistema combinado, previendo posibles mantenimientos a las unidades de alimentación.

Para el diseño de la bodega de materia prima se debe entonces considerar que si se utilizaran sacos jumbo se deberá contar con el espacio adecuado para almacenar la cantidad máxima dictada por las políticas de inventarios y la capacidad de producción. Además, se deberá contar con la utilización de estanterías de alta capacidad y corredor para paso de montacargas. Un saco jumbo puede miden alrededor de 1.2 m. por lado cada uno sobre el piso y una altura de 1.60 m. Si en cambio se utilizan bolsas de 25 Kg. Se debe diseñar el espacio para colocar estanterías de tarimas que miden 1.2 m por lado y alcanzan una altura máxima de 1.60 m, con corredores para paso de montacargas.

El almacenamiento a granel en silos ocupa la menor área en piso, entre 4 y 6 m. de diámetro y la altura de estos es de hasta 12_m. y es la manera más recomendable por el poco espacio a utilizar, tomando en cuenta que se debe contar con un sistema de alimentación automática hacia el área de mezclado y extrusores. Además una ventaja es que no es necesario el espacio en bodega pues el silo puede ser ubicado a la intemperie.

4.1.2 Área de mezclado

El tamaño del área para mezclado depende principalmente del tamaño de la máquina mezcladora, determinado por la capacidad proyectada, y de la forma en que se transporte la materia prima y la resina mezclada.

Las máquinas mezcladoras de gran capacidad no ocupan áreas mayores a 400 metros cuadrados, pero a veces se colocan en torres de hasta 20 metros de altura.

Actualmente existen sistemas de transporte automatizados para materias primas y resina mezclada, este consiste en un sistema neumático a través del cual se transporta la materia prima y algunos aditivos desde grandes silos hasta la máquina mezcladora y luego la resina ya mezclada viaja hasta otros silos de resina mezclada, para que se transporten luego de la misma manera hasta los extrusores. Algunas de las ventajas de éste sistema es la disminución de personal y de la contaminación de polvos en las áreas de trabajo, además que se pretende aumentar la eficiencia del proceso.

Para diseñar el área de mezclado se debe disponer del espacio necesario para disponer de un sistema automatizado, donde colocar los silos de materia mezclada y el espacio para la tubería adecuada, todo cerca de donde se sitúa la máquina mezcladora

4.1.3 Área de molido y pulverizado

Esta debe situarse cerca del área de materia prima y al inicio del proceso de extrusión, el área se divide en dos partes, la del molino y la del pulverizador, sus dimensiones dependen de los tamaños de la maquinaria. El molino debe aislarse para no producir ruidos mayores a los 80 dB. los cuales pueden mitigarse mediante protección auditiva. También suelen colocarse bajo del nivel del piso y con espacio

suficiente para almacenamiento temporal del *scrap* a triturar. El área del pulverizador debe estar entre molido y la bodega de materia prima, siguiendo el proceso de reprocesado y debe contar con el espacio adecuado para almacenar de manera temporal el material molido.

El material pulverizado puede también trasladarse de manera automática hasta la el área de mezclado o a la bodega de materia prima, así también de manera manual o en bolsas entarimadas con montacargas.

4.1.4 Área de extrusión

En esta área se distribuyen las líneas de extrusión completas y se determinan los servicios e infraestructura necesarios en el proceso.

La maquinaria se distribuye en forma continua para cada línea de extrusión y estas son distribuidas en paralelo una seguida de la otra. Cada línea de extrusión puede llegar a medir hasta 40 metros de largo y en líneas dobles 2.5 metros de ancho, en la tabla XI se pueden observar las dimensiones típicas de la maquinaria utilizada en la línea de extrusión y los servicios necesarios para su funcionamiento.

Tabla XI. Dimensiones y servicios necesarios para cada máquina

Maquinaria y equipo	Dimensiones (m)		Servicios		
	Ancho	Largo	Aire	Electricidad	Agua y drenaje
Extrusor	2,25	3	si	460 V	no
Baño 1	.8	10	si	460 V	si
Baño 2	0,8	10	si	460 V	si
Imprenta	0,7	0,75	no	0 V	no
Haladores	1,2	2,8	si	460 V	no
Sierras	2	3	si	460 V	no
Campaneadores	2,8	7	si	460 V	si
Línea Completa	2,8	36,55			

4.1.5 Bodega de moldes de extrusión

El proceso de fabricación de tubería suele ser bastante dinámico, y para utilizar el mismo extrusor en la producción de tubería de distintos diámetros se deben cambiar los moldes de extrusión, para esto, debe haber una cantidad apropiada de moldes y herramienta, así como un lugar adecuado para su almacenamiento el cual debe permitir realizar los cambios de manera eficiente. El área se determina basándose en la cantidad de moldes y herramienta a almacenar y se recomienda se encuentre situada paralelamente a los extrusores.

4.1.6 Control de calidad

El laboratorio de control de calidad debe encontrarse cerca del área de extrusión para poder comunicarse de manera inmediata con producción. Para el diseño de área se deben tomar en cuenta el almacenamiento de las muestras, bodega para insumos y aditivos a utilizar, espacios para los instrumentos y maquinaria de pruebas de calidad y el espacio adecuado para el personal del laboratorio y su equipo de computación o archivos.

4.1.7 Área de mantenimiento

Se debe considerar un área paralela a las líneas de extrusión para el mantenimiento de la maquinaria, la cual al encontrarse en esta posición puede recibir al menos una línea completa de extrusión, desde el extrusor hasta la campaneadora, por lo que también es recomendable contar con una grúa perpendicular al área de mantenimiento para el traslado del equipo.



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

El largo de esta área debe ser similar al de las líneas de extrusión y el ancho lo suficientemente espacioso para colocar las áreas de trabajo, la herramienta, el equipo y la maquinaria a reparar. El equipo básico a considerar para el área de mantenimiento debe ser:

- Banco de trabajo de mecánicos
- Banco de trabajo de electricistas
- Torno y maquinaria industrial
- Prensa hidráulica

También debe considerarse el espacio adecuado para:

- Área de soldadura
- Bodega de herramientas
- Bodega de repuestos
- Oficina y archivos

4.1.8 Bodega de producto terminado

La tubería puede ser almacenada en área techada o al aire libre en estanterías techadas, con el fin de protegerla de la lluvia y el sol. La tubería se almacena clasificando el diámetro y el peso, en estanterías de gran capacidad. Además se deben proyectar pasillos de acceso lo suficientemente anchos para el paso de un camión de carga.

El almacenamiento telescopiado reduce el espacio necesario, pero se incrementa el trabajo manual. Las estanterías utilizadas deben tener 6 metros de profundidad, no más de 4.5 metros de alto y deben ser diseñadas en ángulo de 30° para facilitar la carga y descarga en los pasillos.

4.2 Servicios

Los servicios utilizados en el proceso son esencialmente 4, energía eléctrica, sistema neumático, sistema de agua de enfriamiento y drenajes. Los sistemas de servicio deben diseñarse según el tipo y cantidad de maquinaria a utilizar, en el caso de la red eléctrica debe tomar en cuenta la colocación de una subestación eléctrica, según las normas de la empresa eléctrica, la colocación de paneles de control, los voltajes y conexiones de cada una de las máquinas que utilicen este servicio. El sistema de drenaje es necesario para la cantidad de agua que cae al suelo durante el proceso, esencialmente en el enfriamiento del tubo, este sistema debe acompañarse por un sistema de recolección y enfriamiento del agua para reciclar la misma.

El sistema neumático es necesario para el funcionamiento de cierta maquinaria. Se deben diseñar estos sistemas de servicios de manera que no interrumpan o estorben las líneas de extrusión, se recomienda aéreo y subterráneo, dependiendo de cada servicio.

4.2.1 Energía eléctrica

Para la extrusión se utilizan maquinarias de 220 y 460 voltios, por lo que es necesario una acometida industrial de la red de distribución de energía (69, 000 Kw.). Esta sub estación será el inicio de la red de servicio eléctrico, para los extrusores se deberá contar con un área de paneles de control a aproximadamente 6 metros de distancia de cada extrusor.

El resto del equipo utilizará la red de electricidad diseñada para producción, la cual deberá ser independiente de la utilizada para áreas administrativas. Es recomendable contar con un área para una planta eléctrica de emergencia la cual deberá situarse entre la sub estación y los paneles de control.

4.2.2 Sistema neumático

Para el funcionamiento de las principales máquinas, es necesario contar con un sistema neumático, un sistema que mantenga la presión adecuada en todos los equipos, se recomienda un sistema aéreo por la versatilidad para el mantenimiento preventivo y correctivo. Para el diseño de este sistema se deberá cubrir toda la línea de extrusión y cada una de ellas.

4.2.3 Sistema de agua de enfriamiento

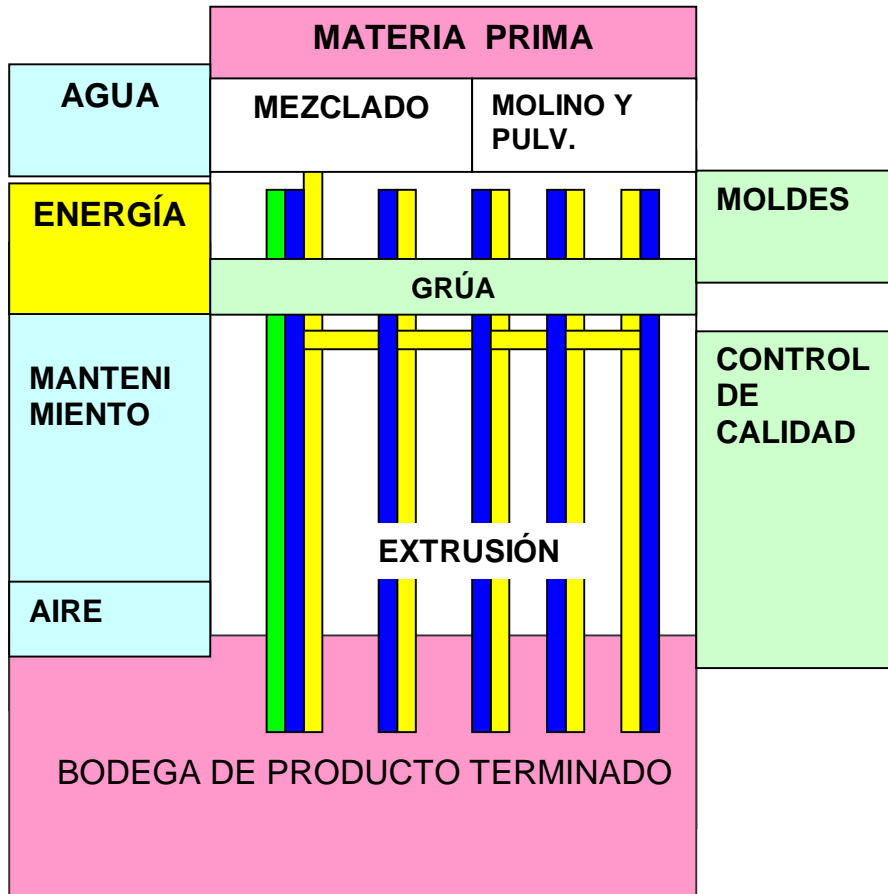
Para el proceso de enfriamiento del tubo se utilizan los baños de enfriamiento los cuales debe rociar agua a una temperatura menor a los 20 °C. El sistema de agua de enfriamiento incluye el equipo de refrigeración a utilizar, la red de distribución y la red de captación y retorno.

4.2.4 Sistema de drenajes

Es necesario contar con drenajes a lo largo de las líneas de extrusión para captar el agua que no pasa por reproceso y que por naturaleza del sistema de trabajo cae al suelo. Para mejorar la utilización del agua es necesario contar con una red óptima de recolección de agua que permita reciclar la misma y poder volver a usarla en el proceso.

Dentro del sistema de drenajes se cuentan con canales abiertos protegidos por parrillas de metal y que tienen inclinación que permite que el agua se recolecte por gravedad y se almacene en tanques de reciclaje.

Figura 7. Esquema de distribución de la planta



CONCLUSIONES

1. El PVC es un polímero muy versátil y su utilización para la fabricación de tuberías ha desarrollado la industria de la construcción a escala mundial, pues es el material ideal para la conducción de agua potable, aguas servidas y aislamiento de cableado eléctrico.
2. Básicamente la fabricación de tuberías de PVC consiste en la extrusión de una mezcla en forma de polvo de PVC y aditivos en un barril a alta temperatura, en donde la mezcla es empujada por medio de tornillos sin fin a través de un dado o molde de donde sale un tubo continuo homogéneo que es halado, enfriado, impreso, cortado y al final moldeado para su acoplamiento.
3. Una planta para la fabricación de tuberías de PVC se diseña basándose en la capacidad máxima de producción de la misma y para ello, es esencial hacer una programación de la producción proyectada a los años que se espera sea funcional, con el fin de diseñar para la cantidad de líneas de extrusión máximas a tener en ella. La programación de la producción proyectada es la raíz para el diseño de las áreas de mezclado, mantenimiento, servicios y bodegas de almacenamiento de materia prima y producto terminado.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

4. Para la ubicación de una planta de fabricación de tubería de PVC debe haber disponibilidad de servicios e infraestructura básica para extraer, principalmente, ubicar la planta cerca a las líneas de transmisión eléctrica de 69,000 vatios y suficiente cantidad de agua para el sistema de enfriamiento. Un estudio de localización industrial es básico para encontrar el sitio adecuado para la construcción de la planta.
5. Es esencial y obligatorio ejecutar un estudio significativo de impacto ambiental de una planta productora de tubería de PVC previo a iniciar el proyecto, el estudio se divide en tres partes: evaluación del impacto ambiental, el plan de seguridad ambiental, y el plan de mitigación y contingencia del proyecto.
6. Se deben tener muy claras las políticas administrativas de inventarios y el tipo de tecnología a utilizar en la planta para realizar el diseño de la bodega de materia prima y bodega de producto terminado.

RECOMENDACIONES

1. Para conocer la capacidad máxima de producción de la planta, se recomienda ejecutar una proyección de demanda a cubrir según la inversión en construcción, infraestructura y apoyo social en el manejo de aguas y drenajes a nivel nacional.
2. Es recomendable especificar y conocer a fondo la maquinaria a utilizar en el proceso de fabricación de tubería de PVC para tomar en cuenta el espacio necesario donde deberá de funcionar. Así también, se debe considerar el espacio suficiente para realizar su mantenimiento y almacenar las piezas claves de esta maquinaria que son intercambiables y temporales; como lo son los moldes, las resistencias y las mallas utilizadas en este proceso.
3. Se debe conocer con anticipación el área necesaria para la planta de producción y luego, hacer un análisis de localización de planta antes de la adquisición del terreno a utilizar para la ubicación de la misma, esto con el fin de no ubicar la planta en un área menor a la necesaria y en lugares donde no se poseen todos los servicios esenciales.
4. Se debe revisar el diseño de la planta después de haber hecho y aprobado el estudio de impacto ambiental pues muchas veces se requieren hacer modificaciones especiales para mitigar el impacto ambiental que pueda causar la construcción y funcionamiento de la misma.
5. Los estándares de seguridad industrial para una planta de tubería de PVC deben ser revisados paralelamente al diseño de la planta, pues existen aspectos



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

específicos al proceso y a la infraestructura de los edificios que debe preverse con el fin de lograr un diseño óptimo.

6. Se recomienda a todas aquellas empresas que desean establecer una planta para la producción de tubería de PVC tomar en cuenta el presente trabajo de graduación como una guía practica para la correcta elaboración de un proyecto de este tipo.



BIBLIOGRAFÍA

1. Friedhelm Henser, **Plastic Extrusion Technology**, Henser Publisher, 1998
2. Geopetrol S.A., **Estudio de evaluación de impacto ambiental del proyecto de construcción y operación de la planta de producción del al empresa Tubofort S.A. , Villa Nueva, Guatemala**, Geopetrol, S.A., 1996
3. Instituto Mexicano del Plástico Industrial, **Enciclopedia del plástico**, Tomos 1 & 3, Centro Empresarial del Plástico S.A. de C.V. 1999
4. Marks, **Manual del ingeniero mecánico**, Editorial Prentice Hall, 5a. Edición, 1994
5. Nueva AG, **Manual PROSAMA** (Protección a la Salud y Medio Ambiente), Consorcio Empresarial Suizo Nueva AG, 1995
6. Robert H Perry, **Chemical Engineers Handbook**, McGraw Hill International Editions, 1984.
7. Walter Michael, **Extrusion Dies**, Henser Publisher, 1984



APÉNDICE 1

EQUIPO DE EXTRUSIÓN

Principio de funcionamiento

La extrusión es un proceso muy versátil; es posible fabricar películas, tubos, láminas y una cantidad muy amplia de otros artículos. En cada uno de esos procesos, existen variables a controlar para obtener la calidad del proceso deseada. En lo correspondiente a la unidad de extrusión exclusivamente, las variables esenciales son:

Temperatura

Resistencia eléctricas

Plástico fundido

Velocidad de giro del husillo

Presión generada por el plástico fundido

La temperatura de las resistencias no siempre es la misma que realmente tiene el plástico, aunque es un buen índice de ésta.



Equipo de extrusión de tuberías

Cuando se habla sobre dados para tubería, las variaciones son considerablemente mayores que aquellas observadas en otros procesos de extrusión.

En general, los dados para película tubular, mono-filamento, recubrimiento de cable, película y dado plano, pueden compararse sobre los diseños de línea, que los fabricantes de maquinaria se encargan de optimizar y tecnificar, mientras el fabricante o transformador de este tipo de productos solo los adquiere, se encarga de utilizar y proporcionarables mantenimiento. En cambio, una gran cantidad de fabricantes de tubería, debe tener sus propios departamentos de diseño y manufactura de dados. Muchas características se buscan al producir tubería, pero son 3 las más importantes:

Apariencia superficial

Distribución de espesor

Propiedades mecánicas

Inicialmente, se desea un producto con una buena apariencia superficial, que en algunos casos no es importante mas allá del periodo de venta, donde el cliente aprecia un producto en buenas características empezando por el aspecto, aunque el producto termine sus días bajo tierra o cubierto de cemento en el interior de una pared. Sin embargo, otros productos como mangueras de jardín siempre requerirán de una apariencia agradable y estética.



**PDF
Complete**

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Líneas para tubería

En el análisis para la distribución de planta debe considerarse que la tubería como producto extruído, tiene una alta relación volumen/peso: en el caso de películas, láminas, mono-filamentos y otros, esta relación es numéricamente igual o muy cercana al peso específico del polímero utilizado. Por ejemplo, una pila de láminas de PVC rígido tiene una relación peso/volumen de 1.3 ton/m³, que indica una nula cantidad de aire en el almacenamiento y transporte del producto, optimizando los costos de inventario y del flete. Sin embargo, una tubería de diez centímetros de diámetro y tres milímetros de espesor del mismo material tiene una relación de 0.060 ton/m³, que indica que durante el transporte del producto se manejará mas aire que producto real, impactando indirectamente en los costos finales.

Componentes de las líneas para tubería

El extrusor para tubería no requiere modificaciones especiales o distintas a otros procesos de extrusión. Los componentes básicos como la tolva, barril, motor, husillo, calefacción y enfriamiento deben ser adecuados según el material que se pretenda procesar. Para algunos materiales como las poliolefinas se puede utilizar un extrusor con zonas de alimentación ranuradas, que ayudan a mejorar la producción por hora del extrusor con un ligero aumento en la longitud de la línea. Esto interesa particularmente a los fabricantes de tubería y perfil debido principalmente a los ahorros en costos por la optimización en el uso superficial de la planta.



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Componentes del extrusor

Una máquina de extrusión está formada por un eje metálico central con álabes helicoidales llamado husillo o tornillo, instalado dentro de un cilindro metálico revestido con una camisa de resistencias eléctricas. Para que la línea de extrusión funcione en forma efectiva, se requiere de una relación de componentes que garanticen la plastificación y homogeneidad del material, evitando cualquier riesgo de degradación. En un extremo del cilindro se encuentra un orificio de entrada para la materia prima, donde se instala una tolva de alimentación, generalmente de forma cónica; en ese mismo extremo se encuentra el sistema de accionamiento del husillo, compuesto por un motor y un sistema de reducción de velocidad. Todas las líneas de extrusión, independientemente del producto final, requieren de un extrusor que alimente de plástico a las secciones subsecuentes del proceso. En la punta del tornillo, se ubica la salida del material extruído, denominado y que contiene al dado, que proporcional la forma finalmente al plástico. Dentro del proceso de extrusión, varias partes deben identificarse con el fin de conocer sus funciones principales, saber sus características en el caso de elegir un equipo y detectar en donde se puede generar un problema en el momento de la operación. No todos los componentes del extrusor se pueden apreciar desde el exterior.



Externamente, los componentes del extrusor son:

Reductor de velocidad

Su función es la reducción de la velocidad que provee el motor de extrusión, con el fin de incrementar el torque del eje motriz del husillo. Estos reductores deben tener un diseño de engranes tal que la fricción, calentamiento y desgaste sean mínimos ante las altas demandas de la operación constante del extrusor.

Tolva

Es el depósito de materia prima donde se coloca el plástico para la alimentación continua del extrusor. Debe tener dimensiones adecuadas para ser completamente funcional; los diseños mal planeados, principalmente en los ángulos de baja de material, pueden provocar estancamientos y paros de producción.

Barril, cañón o cilindro

Es un cilindro metálico que contiene al husillo y constituye el cuerpo principal de una máquina de extrusión. La construcción del cañón debe ser cuidadosamente evaluada, ya que junto con el husillo son partes que influyen de manera importante en el desempeño, duración y costo de una máquina de extrusión.



Husillo

Esta pieza es la que determina el éxito de la operación de extrusión. El diseño del husillo varía en función de las propiedades de flujo del polímero fundido que se desee procesar o de la productividad que se espera de la extrusora.

Plato rompedor

Tiene dos funciones básicas: La primera es detener el flujo en espiral que tiene el material plástico a la salida del extrusor y evitar deformaciones en el producto por la inercia helicoidal que el husillo imparte a la masa plástica. La segunda función es servir de soporte para las mallas de filtrado que se colocan para evitar el paso de materiales extraños que no se han fundido.

Mallas y cambiadores de mallas

Su función es la filtración de cualquier impureza que se transporte con el material, como contaminantes de material no plásticos, material carbonizado, resina sin fundir y otros. Es muy importante la eliminación de los sólidos ya que éstos pueden estancarse en las partes angostas que presentan los dados y obstruir el paso del material.

Bombas de engranes

Estos equipos aumentan extremadamente la estabilidad del proceso de extrusión, por medio de una corriente de material fundido consistente y libre de variaciones.



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Dados de extrusión

El dado es el elemento de la línea que define la calidad mecánica y de apariencia de la película. Su función principal es tomar la corriente de material plastificado que proviene del extrusor y moldearla hasta salir por un anillo muy estrecho con una abertura entre 0.6 a 2.8mm que conforma la película. Internamente el dado esta diseñado para eliminar todas las líneas de unión que se producen al paso del plástico para la formación de la burbuja.

El diseño más común es el distribuidor helicoidal, que consiste en una serie de ranuras espirales ascendentes que funcionan como un mezclador estático que desvanece eficientemente las líneas de unión que inevitablemente se forman cuando el plástico toma una forma de anillo circular.

La construcción de los dados helicoidales debe realizarse con suma precisión, ya que problemas en el maquinado que originen el descentrado del mandril con la parte externa del dado generarán películas con diferencias de espesores y consecuentemente no se podrá cumplir con especificaciones estrictas con los compradores de material de empaque requieren.

Las películas con espesores no uniformes presentan una apariencia irregular, propiedades mecánicas no uniformes a lo largo de la película y dificultades con la impresión y el sellado entre otros.

Diseño de dados

A pesar que se han desarrollado una gran cantidad de modelos matemáticos en el diseño para tuberías, en la practica es muy común encontrar diseñadores que no utilizan mas que la experiencia, herramientas de taller y una serie de correcciones sobre



funcionamiento real para afinar el diseño del dado. Aún en equipos de simulación muy avanzados a computadora es indispensable realizar ajustes finales después de la prueba del dado en el extrusor.

Formador o calibrador

Es el dispositivo empleado para proporcionar las dimensiones requeridas en la tubería, es decir, diámetro interior o exterior.

En la producción de tubería, el diámetro externo es un requerimiento muy importante de cuidar. La calibración se hace tanto externa como interna o ambas, siendo la primera la más común.

Tina de enfriamiento

El sistema de enfriamiento tiene diferentes formas según el producto que se esta manejando. En el caso más simple, consiste en una tina abierta con entras y salida de agua para una circulación constante.

Otros diseños constan de una cámara con rodillos y múltiples boquillas que esparcen agua constantemente sobre la tubería. El enfriamiento es más sencillo en las tuberías de diámetro pequeño, porque la remoción de calor es relativamente rápida.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Unidad de tiro

Este es uno de los componentes finales en la línea de tubería. La unidad de tiro tiene un papel fundamental en la calidad del producto. Principalmente se encarga de mantener en movimiento al producto dentro de toda la línea. La unidad de tiro debe jalar al producto firmemente pero sin dañarlo, razón por la cual es muy importante el diseño de esta unidad. Además, debe tener la capacidad de diferentes dimensiones (diámetros) del producto, así como un amplio rango de velocidades.

Sistemas de corte

Dentro de los principales sistemas de corte se puede mencionar: guillotina, sierra de disco, sierra planetaria y cuchillas. Las tuberías deben ser cortadas inmediatamente después de producirse, ya que no podría almacenarse de forma eficiente en alguna forma. La forma en que se realizará el corte depende de varios factores: tamaño, grado de flexibilidad, calidad de corte deseada y velocidad de línea. Mientras las unidades de corte para diámetros menores a 15 cm. Son relativamente sencillas y de costo moderado, el corte de tubería mayor requiere de unidad con una coordinación y mecanismos que elevan su costo de forma importante.

Unidad de embobinado

La función de estas unidades es facilitar el almacenaje. Estas unidades son relativamente sencillas y deben contar con la capacidad de intercambiar fácil y rápidamente de bobina, cuando la que se encuentre en proceso llegue a su límite de capacidad.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Unidad de Acampanado

La función de las unidades de acampanado es la formación de campanas en las extremidades de las tuberías. Estas campanas hacen posible la unión de tuberías, la unión debe ser sólida, permanente, con la fuerza necesaria para que por efecto de un esfuerzo la unión sea tan difícil de separar como cualquier otra parte del cuerpo del tubo.

Las campanas no pueden ser producidas directamente en el dado de extrusión, ya que la geometría de los acampanamientos impide su formación en línea.



APÉNDICE 2

CONDICIONES DEL EQUIPO DE EXTRUSIÓN

El objetivo principal de un equipo para extruir PVC es producir una masa fundida uniforme, que se pueda moldear adecuadamente para obtener un artículo de calidad en forma y apariencia. Este es el trabajo principal del husillo del extrusor, su configuración y características operativas son los principales parámetros para controlar la temperatura de la masa fundida, viscosidad y productividad de la máquina.

Husillo y cilindro

Para extruir PVC, el equipo puede tener ligeras variaciones, dependiendo si el compuesto está o no plastificado, debido a que el PVC flexible está clasificado como moderadamente corrosivo, mientras que el rígido se considera corrosivo. En ambos casos, para el cilindro se aconseja una estructura base de acero inoxidable con elevado contenido de cromo. Para el tratamiento superficial se utiliza el cromado, en conjunto con el nitrurado. Otra construcción aconsejable para el cilindro es la superficie bimetálica, donde pequeñas partículas de carburo de tungsteno, dispersas en una aleación anticorrosiva de níquel, protegen al barril del ataque del HCl.

El diseño del barril no debe tener zonas de estancamiento o cambios de dirección bruscos para evitar la degradación en el material. También es aconsejable un perfil de calentamiento en tres y hasta cuatro zonas para un mejor control. En el caso del

husillo, la longitud varia en consideración del tipo de compuesto a procesar y de la presentación, ya que en compuestos previamente peletizados, relaciones L/D de 20 e incluso 16:1, pueden funcionar sin problemas. Mientras que al procesar compuestos en polvo, es adecuado utilizar husillos con L/D mayores a 20:1.

En el diseño del husillo, la mayor zona debe ser la de compresión, que ocupa de un 40 a 60% de la longitud total, dividiéndose la parte restante por igual para las zonas de alimentación y de dosificación. La razón de una sección de compresión larga, es el amplio rango de fusión del PVC y el cuidado que se debe tener para evitar la degradación del polímero. Las relaciones de compresión dependen del peso molecular de la resina usada, variando desde 1.5 hasta 2.5; 1 al incrementarse el peso molecular o valor K de la resina base.

Para las dimensiones de los alabes del husillo, se puede utilizar el llamado diseño cuadrado, que significa una separación entre alabes igual al diámetro del husillo. Para lograr esto, el ángulo de inclinación de la hélice será de 17.8° . Un claro entre el husillo y el barril de 0.1 a 0.4 mm. Será adecuado, dependiendo del diámetro del husillo.

Para intensificar la acción plastificante y mejorar el mezclado del material, se han desarrollado diseños especiales de husillos. Uno de ellos es el que tiene de 2 a 4 bujes radiales, separado de 1 a 1.3 mm entre sí en las ultimas zonas, principalmente la de dosificación.

El husillo permite la separación entre el material que se va fundiendo y los *pellets* o polvos sin fundir. Estos últimos están en mayor contacto efectivo con el barril, para reducir los esfuerzos de corte y las cargas térmicas aplicadas, ayudando a otorgar una mejor estabilidad al material. Este diseño es distinto al de otros husillos de barrera, ya que el ancho del canal de sólidos se mantiene constante, permitiendo el contacto máximo entre los sólidos y el barril, haciendo más eficiente la plastificación.

Dado

De manera similar a las demás partes del equipo el diseño del dado debe ser aerodinámico, evitando cambios bruscos en el sentido del flujo del material o estancamiento del mismo. Este cuidado es muy importante al ensamblar el cabezal con el cilindro directamente o por medio de adaptadores, ya que en la zona de extrusión pueden quedar ranuras donde el material se estanque y degrade rápidamente, causando manchas o puntos negros en el producto extruído. Los canales de flujo en el cabezal deben ser angostos con la finalidad de reducir el tiempo de residencia del plástico en este, pero una excesiva restricción puede provocar elevadas reacciones que incrementen la temperatura del material e incluso degradarlo.

Los platos y mallas de ruptura deben eliminarse preferentemente porque son virtuales zonas de estancamiento. La relación de compresión en el dado, que es el área entre el mandril araña sobre el área de abertura de salida del dado, puede ser de 2:1 cuando se este trabajando con baja viscosidad, se recomiendan relaciones de compresión de 4:1 como mínimo.

Para el caso de extrusión de tubería, la parte final del dado es recta y relativamente larga. Dicha longitud debe ser 25 o 30 veces el valor de abertura del dado y para tubería de pared delgada, puede ser 20 veces la abertura del dado o incluso menor. En la construcción, hay que tomar en cuenta que las superficies deben estar altamente pulidas y con una capa de cromo mínima de tres milésimas de pulgada o dos capas de 1.5 milésimas de pulgada de cromo endurecido.

El cromado reduce la fricción por el flujo y la tendencia del plástico a adherirse. Se recomiendan zonas de calentamiento independientes en el adaptador, en el mandril y en los canales de flujo a la salida del dado.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Purgado

Para purgar la maquinaria empleada para procesar compuestos de PVC, se emplea polietileno, ABS o acrílico; por ningún motivo se debe emplear acetal o nylon, estos materiales reaccionan explosivamente junto con el PVC.



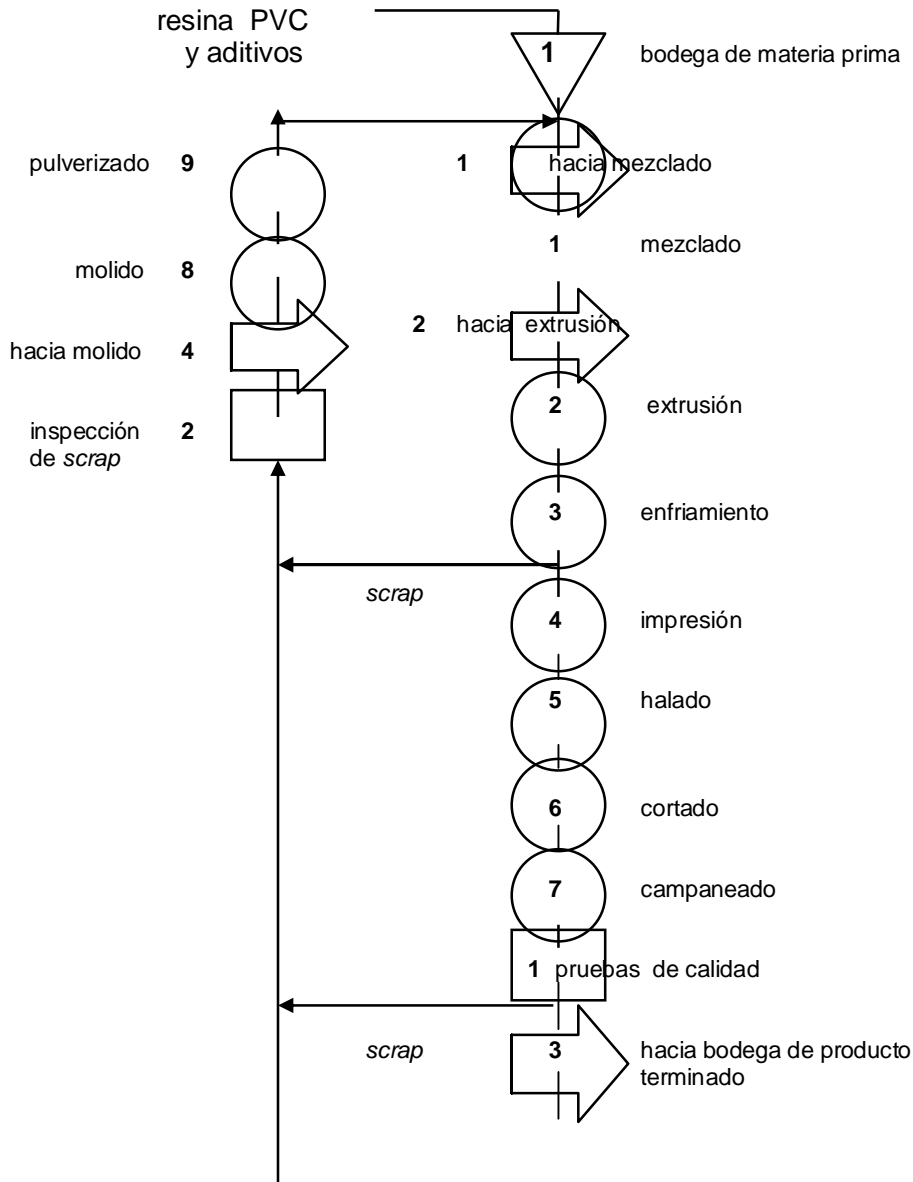
APÉNDICE 3

ESQUEMATIZACIÓN DEL DISEÑO

Para poder realizar un diseño óptimo de la planta se debe contar con la herramienta adecuada para ello, puede utilizarse el dibujo arquitectónico, una maqueta o un sistema computarizado de diseño CAD. El dibujo arquitectónico tiene la ventaja de ser económico y exacto, pero su principal desventaja es el tiempo para ejecutar los cambios en planos.

La maqueta es aun más versátil, pues pueden moverse los elementos y combinarse dentro de una área esquematizada para el diseño, pero es más costosa, mas elaborada y menos exacta que los planos arquitectónicos. El uso de un programa computarizado es el método ideal, su costo es elevado pero mínimo a la inversión que se debe realizar en la construcción. Entre los programas más adecuados se encuentra el Autocad, el cual maneja escalas exactas y es muy versátil al momento de realizar cambios en el diseño, incluso se pueden visualizar los acabados y realizar un recorrido virtual dentro del mismo diseño. Aunque se requiere de una amplia inversión, es la mejor opción para el caso.

Figura 3. Diagrama de operaciones de fabricación de tubería PVC



RESUMEN	
OPERACIONES	9
INSPECCIONES	2
TRANSPORTE	4
ALMACENAMIENTO	2

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso

