

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

REUTILIZACION DE MATERIALES

227

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

IGNACIO MARTINEZ GAMA

México, D. F.

1975



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. Tesis
ADQ. 1975
FECHA
PROC. M7 215



QUIMICA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE:	Prof. Julio Terán Zavaleta
VOCAL:	Prof. Nicolás Jaimes Villafaña
SECRETARIO:	Prof. Alberto de la Fuente Zuno
1er. SUPLENTE:	Prof. Cutberto Ramírez Castillo
2do. SUPLENTE:	Profa. Margarita González Terán
SUSTENTANTE:	Ignacio Martínez Gama
ASESOR DEL TEMA:	Prof. Alberto de la Fuente Zuno

A EL, QUE ES CAMINO,

VERDAD Y VIDA.

A MIS PADRES A QUIENES

DEBO LO QUE SOY.

A MIS HERMANOS Y

SUS FAMILIAS

A IRASEMA

A LA U.N.A.M. DESEANDO QUE
SIEMPRE SEA EL "ALMA MATER"

A MIS MAESTROS

A MIS TIOS Y PRIMOS

A MIS AMIGOS

I N D I C E

	Pág.
CAPITULO I .- INTRODUCCION.....	1
CAPITULO II .- BREVE RESEÑA HISTORICA.....	4
CAPITULO III .- REUTILIZACION DE METALES, COMPUES-- TOS METALICOS Y CUERPOS QUE LOS CON-- TIENE.....	30
CAPITULO IV .- REUTILIZACION DE PLASTICOS Y LLAN-- TAS.....	82
CAPITULO V .- REUTILIZACION DE PAPEL.....	131
CAPITULO VI .- REUTILIZACION DE VIDRIO.....	151
CAPITULO VII .- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	169
BIBLIOGRAFIA.....	176

I.- I N T R O D U C C I O N

El hombre mediante el progreso científico logra un aprovechamiento cada vez mayor de los recursos naturales, obteniendo mediante el desarrollo industrial, un nivel superior de vida: y así sucede, - que los países más industrializados son los que tienen niveles de vida superiores.

Sin embargo, en proporción directa al grado de industrialización y al número de habitantes de una región o país determinado, surge el problema de la contaminación ambiental: problema que en algunos lugares alcanza niveles alarmantes, debido a la enorme cantidad de desechos que se vierten al aire, al agua y al suelo, haciéndolos inútiles y algunos casos nocivos para muchas formas de vida, inclusive la humana, con el consiguiente deterioro del medio ambiente y sus nefastas consecuencias para el hombre, quien ya ha comenzado a enfrentar el desafío de una situación creada por él mismo; y así tenemos que en muchos países, inclusive en el nuestro, se trabaja para combatir la contaminación ambiental.

Entre los contaminantes del suelo, merecen especial atención- aquellos desechos sólidos como metales, compuestos metálicos y cuerpos que los contienen: plásticos y llantas, papel y vidrio, procedentes de los desperdicios urbanos e industriales, que debido a su composición química no son susceptibles de ser degradados biológicamente, por lo cuál presentan problemas especiales para su disposición, porque al irse acumulando en lugares especialmente designados para-

ello, causan problemas de contaminación ambiental, ya sea por que se reducen los espacios libres o por la reacción química de algunos de los desechos con agentes externos.

Por otro lado la incineración como método para disponer de alguno de esos desechos, trae aparejado el problema de la producción de gases que contaminan el aire y dañan el equipo, además de que las cenizas producidas constituyen un nuevo problema de disposición, el cual se ve aumentado con las cenizas provenientes de otros tipos de quemadores.

Considerando los problemas mencionados anteriormente, así como los costos que implicarían los tratamientos a dichos desechos sólidos para disponer de ellos sin causar perjuicios ecológicos, juntamente con cuestiones de tipo fiscal, como sucede en algunos países, se ha considerado desde hace varios años la posibilidad de reutilizar esos desechos, ya sea recirculándolos al proceso industrial como fuentes del mismo material del que están constituidos, o empleándolos para fabricar nuevos productos.

En el presente trabajo bibliográfico se hace primeramente una breve reseña histórica sobre la reutilización de materiales de desecho de metales, compuestos metálicos y cuerpos que los contienen: -- plásticos y llantas, papel y vidrio; así como de algunos asuntos de tipo social y político que están relacionados con dicha reutilización. Posteriormente se indican algunas de las técnicas que han sido desarrolladas en algunos países para reutilizar los desechos mencionados.

Finalmente, se indican algunas conclusiones y recomendaciones sobre la posibilidad de adaptar algunas de las técnicas desarrolladas en el extranjero a nuestro país, e incrementar la reutilización que aquí se efectúa.

C A P I T U L O I I

BREVE RESEÑA HISTORICA

La principal fuente de desechos de metales, compuestos metálicos y cuerpos que los contienen: plásticos y llantas, papel y vidrio, es la basura de las ciudades, cuya cantidad y composición varían de acuerdo a factores muy diversos como son: el número de habitantes, su nivel de vida, la región y la época del año. Además en muchos lugares donde la basura se quema, en las cenizas remanentes de los incineradores hay algunos de los materiales de desecho mencionados, los cuales pueden ser reutilizados. Otras fuentes importantes de esta clase de desechos son los desperdicios de las minas de las industrias.

En la tabla 2.1 se indican las cantidades de desechos sólidos que se reconocen por día y por persona en algunas ciudades del mundo.

TABLA 2.1

DESECHOS SOLIDOS POR PERSONA Y POR DIA QUE SE COLECTAN EN ALGUNAS CIUDADES

Tokio	947 gr.
Nagoya	1350 gr.
Sapporo	418 gr.
Nueva York	2122 gr.
Londres	1038 gr.
Hamburgo	1242 gr.
Los Angeles	1156 gr.
Montreal	1666 gr.
Lima	700 gr.
México	650 gr.

A su vez en la tabla 2.2 se muestran las composiciones de las basuras de diferentes ciudades del mundo y en años distintos.

En la tabla 2.1 se aprecia que se recoge mayor cantidad de basura en ciudades de países altamente industrializados; y en la tabla 2.2 se observa que en estas ciudades la composición de desechos de metales, plástico, papel y vidrio, es mayor que la composición de esos mismos desechos de la basura de las ciudades de países poco industrializados.

Es por esta situación y porque existen mayores facilidades para la investigación en países industrializados, que es en estos países donde principalmente se han desarrollado procesos para la reutilización de los desechos mencionados.

Consideremos ahora el caso particular de la ciudad de México, que es el núcleo urbano más importante de nuestro país, y por lo tanto el que produce mayor cantidad de basura, cuya composición por los diferentes tipos de desecho que la constituyen, se muestra en la tabla 2.3.

Se observa en la tabla 2.3 que el total de desecho metales, plásticos, papel y vidrio, que se recolectan en la ciudad de México, es de 625.8 ton/día, y constituyen el 13.3% del total de la basura.

Debido a la composición química de esos desechos, las leyes de nuestro país tienen especial consideración para los mismos, como especifica el Artículo 27 de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental:

"Los productos industriales capaces de producir residuos sólidos que por su naturaleza no sean susceptibles de sufrir descomposición orgánica, tales como plásticos, vidrio, aluminio y otros, serán motivo de reglamentación por parte del Ejecutivo Federal".

Un grupo de trabajo integrado por miembros de diferentes organismos gubernamentales y la Universidad Nacional Autónoma de México, estudió el problema de la basura en la ciudad de México y diseñó para darle solución una planta que utiliza desechos sólidos orgánicos para producir "compost", mientras que los desechos que no son biodegradables se obtienen como subproductos, los cuales pueden ser reutilizados de diferentes formas.

A continuación se indican algunos procesos de reutilización de desechos de metales, plásticos, papel y vidrio que existen en nuestro país:

Metales.- La mayoría del material metálico extraído está constituido por envases de latas vacías. Anteriormente era económicamente factible extraer del bote del estaño contenido en su tapadera, pero en la actualidad esta operación ya no es costeable debido al escaso contenido de estaño.

Actualmente la lata se somete a una molienda en molinos de martillos, a una separación por aire de la poca materia orgánica que traen mezclada, para posteriormente presentarse y reintegrarse al ciclo industrial del hierro y acero en la fundidora.

Plásticos.- Están constituidos por polímeros, plastificadores, estabilizadores, lubricantes, colorantes y otros aditivos. Los plas

TABLA 2.3

TIPOS DE BASURAS DEL DISTRITO FEDERAL

CONCEPTO	TON/DIA	%
Desperdicios de mercados	553.0	11.8
Desperdicios de hospitales oficiales	100.0	2.1
Desperdicios de jardines	180.0	3.8
Desperdicios de barredoras	250.0	5.3
Otros desperdicios	2909.0	62.2
Papel	416.7	8.9
Cartón	14.6	0.3
Vidrio blanco	71.1	1.5
Vidrio de color	72.0	1.5
Trapo	25.9	0.6
Metales	54.9	1.2
Plásticos rígidos	5.0	0.1
Plástico	6.3	0.1
Hueso	7.2	0.2
Madera	8.3	0.3
Chácharas	6.2	0.1
T O T A L	4680.0	100.0

tificadores son ésteres de alto peso molecular cuya función es darle al producto la flexibilidad deseada. El plástico duro (termoplástico) es el único que tiene valor comercial, ya que puede volver a fundirse. El plástico blando fijado con calor no puede reintegrarse al proceso debido a que despiden gases al tratar de fundirlo, excepto si se hace en atmósfera inerte. También se pueden utilizar recipientes de plástico usados para líquidos de poco valor.

Vidrio.- Puede clasificarse de tres formas diferentes, cada una con su respectivo precio en el mercado: La primera es la formada por botellas enteras y es la de mayor valor comercial, la segunda es el vidrio incoloro y la tercera el vidrio colorido. Las botellas las compran las embotelladoras para utilizarlas después de lavarlas, la pedacería de vidrio la compran las fábricas del mismo material para reintegrarlas al proceso como materia prima de acuerdo a su color.

Papel.- Tal como se obtiene de la basura, se utiliza únicamente para producir papel de estreza o cartón, debido fundamentalmente a la mezcla de diferentes clases de papel y a las tintas con que viene impreso. Si el material obtenido se clasificara, podría obtenerse una mayor cotización en el mercado. En la planta propuesta por el grupo de trabajo, el papel se somete a una compactación en una prensa, saliendo en forma de pacas.

ESTADOS UNIDOS

En este país debido a su enorme población y a su alto grado de industrialización, se generan grandes cantidades de desechos de -

metales compuestos metálicos y cuerpos que los contienen, plásticos y llantas papel y vidrio; por lo cual se ha investigado mucho a cerca de su reutilización. En la investigación han trabajado organismos públicos y privados, separadamente o en cooperación de ambos.

El gobierno federal opera a través de la Oficina de Minas del Departamento del interior, y de la Oficina de Administración de Desechos Sólidos del Departamento de Salud, Educación y Bienestar.

La Oficina de Minas ha dirigido su investigación fundamentalmente hacia las tres áreas siguientes:

1.- Extracción de minerales, metales y energía de los desperdicios.

2.- Recuperación de minerales y metales de los desechos generados en la industria por extracción y utilización de materias primas y minerales básicos.

3.- Aumento y utilización de la chatarra de los automóviles.

Así mismo esta Oficina tiene un contrato y una concesión que suplementa la investigación privada y ayuda al adiestramiento del personal en el manejo de desechos sólidos de minerales y metales.

Otro campo en el cual ha trabajado la Oficina de Minas es en la recuperación de materiales de los residuos de los incineradores de basura y de otros tipos de quemadores. En el caso particular de las cenizas ligeras de los quemadores de las plantas termoeléctricas, se ha investigado sobre diferentes usos que se les puede dar, y en los tres simposios llevados a cabo en Pittsburo desde 1967, han participado la Oficina de Minas, así como algunas empresas privadas.

En el primero de esos simposios (1967), la Asociación Nacional del Carbón declaró que durante ese año la industria quemaría 281 millones de toneladas de carbonos bituminosos, que producirían 20 millones de toneladas de cenizas ligeras, de los cuales menos del 10% se venderían comercialmente, dejando por lo menos 18 millones de toneladas que debían ser vertidas en fosas a cortos que variaban entre 0.50 y 2.00 dólares por tonelada.

Se hizo notar también que la utilización de cenizas ligeras - en Europa Occidental es mayor que en Estados Unidos, ya que Francia emplea más del 50% de su producción anual, Inglaterra el 40% y Alemania el 27%.

En el segundo simposio, llevado a cabo en 1970, se habló también de cenizas pesadas y de residuos de calderas, indicándose que - la producción de estas dos especies juntas alcanzaría 13.5 millones de toneladas para 1975, mientras que la de cenizas ligeras sería de 24 millones de toneladas para ese mismo año.

También se hizo una exposición sobre los diferentes usos que se dieron en el año de 1969 a las cenizas producidas en los Estados Unidos durante ese año, los cuales están anotados, con sus cantidades respectivas en la tabla 2.4.

Las cantidades mencionadas incluyen cenizas ligeras, cenizas pesadas y residuos de calderas.

En esta tabla puede observarse que la utilización de cenizas ligeras de los Estados Unidos durante 1969, aumentó un 6% aproximadamente con respecto a la utilización que se les daba en 1967 cuando

TABLA 2.4

PRODUCCION Y CONSUMO DE CENIZAS EN LCS ESTADOS UNIDOS EN 1969

Colectadas	33,370.000 ton.
Consumidas	
Cemento	710.000 "
Agregados de peso liviano	310.000 "
Base de carreteras	360.000 "
Material de relleno	1,720.000 "
Rellenador en mezclas de asfalto	210.000 "
Control de bajas temperaturas	480.000 "
Capas de asfalto	110.000 "
Limpiado por chorro de arena	170.000 "
Usos no patentados	880.000 "
Varios (Menos de 100,000 ton. cada uno)	390.000 "
Total de consumidas	5,300.000 "
Porcentaje de consumidas	15.9 %

se celebró el primer simposio.

Por último, en el tercer simposio, llevado a cabo en Marzo - de 1973, se dijo que la utilización de cenizas en los Estados Uni-- dos aumentó de un 13% en 1970 a un 20% en 1971, lo cual implica un aumento de 5.1 millones de toneladas de cenizas utilizadas por un - año sobre una producción anual de 42.8 millones de toneladas.

La tabla 2.5 muestra los usos que se da a las tres diferen-- tes clases de cenizas mencionadas, con sus cantidades respectivas y el último se indica la producción estimada para 1976 en los Estados Unidos.

Según se observa de la tabla 2.5, las cenizas que mayor au-- mento experimentarán son las pesadas, con un incremento anual de -- más de 107 millones de toneladas, mientras que las cenizas ligeras-- tendrán un incremento anual de sólo casi 2 millones de toneladas; - en cambio los residuos de las calderas disminuirán razón de casi 5-- toneladas anuales.

En este simposio se habló también acerca de mepresas de otros países que utilizan cenizas ligeras, como la planta de Mississanga-- Ont. Canadá, de la Ontario Hydro, que las utiliza para fabricar ce-- mento puzolánico, agregado, magnetita y productos de carbono. Otra-- firma canadiense, la International Brick and Tyle, cuya planta de - Edmonton, Alta., fué diseñada para producir inicialmente 6.25 millo-- nes de unidades de ladrillos por la Oficina de Investigación del -- carbón de la Universidad de West Virginia, y que este proceso se -- utilizará también en Checoslovaquia, en una planta que consumirá al

rededor de 100.000 toneladas/año de cenizas ligeras.

Por su parte, el Departamento de Salud, Educación y Bienestar ha tenido una actuación importante en la investigación de la reutilización de materiales de desecho de metales, plásticos, vidrio y papel. Entre los proyectos más importantes, cabe mencionar el contrato que entabló a través de su dependencia, la Oficina de Manejo de Desechos Sólidos, con la TRW en junio de 1968, para que esta firma investigara por métodos analíticos, el empleo de materiales plástinvestigación tuvo los siguientes objetivos:

1.- Investigar productos de valor comercial, al hacer reaccionar los desechos plásticos con determinados reactivos.

2.- Identificar productos de la incineración de desechos plásticos que pueden contaminar el aire.

3.- Concebir y suministrar técnicas y evaluaciones económicas para procesos químicos que emplean desechos plásticos como materia prima.

4.- Identificar programas de potencial de investigación y desarrollo tendientes a desarrollar procesos químicos comerciales.

Se hicieron análisis de equilibrio termoquímico y de la cinética de reacción de un diseño preliminar de análisis económicos, a tres clases de materiales termoplásticos que fueron; poliestireno, polietileno y cloruro de polivinilo, empleando los siguientes reactivos; amoníaco, ácido clorhídrico, cloro, vapor con aire y calor sin aire.

TABLA 2.5

COLECCION Y UTILIZACION DE CENIZAS EN LOS ESTADOS UNIDOS EN 1971
(LAS CANTIDADES SON EN TONELADAS)

U S O S	CENIZAS LIGERAS	CENIZAS PESADAS	RESIDUOS CALDERAS
1.- Mezcladas con materias pri- mas antes de formar esco-- rias de cemento.	104,222		
2.- Mezcladas con escoria de - cemento o con cemento puzo lánico.	16,536		
3.- Reemplazo parcial del ce-- mento en:			
a).- Productos de concreto.	177,166	35,377	16,563
b).- Concreto estructural.	185,467		
c).- Diques y otras masas- de concreto.	71,411		
4.- Agregados de peso ligero.	178,895	13,942	
5.- Material de relleno para - carreteras, lugares de - - construcción, etc.	363,385	533,682	2,628,885
6.- Estabilizador para bases - de carreteras, áreas de es- tacionamiento etc.	36,939	7,880	49,564
7.- Relleno en mezclas de as-- talco.	147,655	2,833	81,700
8.- Varios.	98,802	475,417	428,026
S U B T O T A L	1,380,478	1,069,131	3,356,713
Cenizas removidas del lu-- gar de la planta (sin cos- to sobre la utilidad, pero no incluidas en las catego- rias incluidas arriba).			
1.- Manufactura de cemento.	51,647		
2.- Control del fuego en las - minas.	124,258	38,940	
3.- Antiderrapante para carre- teras en invierno.	82,948	178,323	166,131
4.- Bloques de construcción y- material de relleno.		14,741	229,393
5.- Acondicionador experimen- tal de suelo.	25		
6.- Diversos materiales de re- lleno.	477,918	34,760	
7.- Pavimento de aeropuertos.	16,200		
8.- Estabilización de suelos.	5,035		
9.- Relleno con fertilizantes.	1,321		
10.- Relleno con caucho.	296		
11.- Recuperación de vanadio.	200	200	
12.- Control de polvos.	11,284		
13.- Agregado de una capa de de- fensa asfáltica.			
14.- Otros.	1,107,830	264,647	2,130
S U B T O T A L	1,872,728	542,895	397,654
Total de cenizas utilizadas.	3,253,206	1,612,026	3,754,367
Cenizas removidas a áreas- de disposición (con cargo- a las compañías).	24,497,848	8,446,941	1,232,299
Total de cenizas colecta-- das en 1971.	27,751,054	10,058,967	4,986,665
Producción estimada de ce- nizas para 1976.	36,994,436	117,411,603	2,517.703

Las pruebas se efectuaron a diversas condiciones de temperaturas, presión y concentraciones de reactivos, encontrándose que únicamente se obtienen productos de valor comercial en las reacciones con cloro y en las descomposiciones térmicas.

Por su parte, la Agencia de Protección del medio Ambiente ha patrocinado algunos estudios sobre la contaminación debida a dese- -chos sólidos que no son biodegradables y sus posibles soluciones, entre ellas la reutilización de los mismos.

En uno de esos estudios, efectuando en 1971, se obtuvo la in-formación estadística sobre las cantidades de los diferentes materiales que constituyen las botellas de plástico en el año de 1970 y se hicieron predicciones para los años de 1975 y 1980. Los datos se dan en la tabla 2.6.

El Dr. Jack Milgram, director del estudio hecho por la Arthur D. Little Inc., dijo que las botellas de plástico son los envases de ese material que pueden colectarse más fácilmente y son potencialmente mas reciclables, y que era importante que las botellas hechas -de polietileno de alta densidad hubieran sido las que contribuyen en mayor cantidad al conjunto de desechos durante los diez años siguientes. Por último habló sobre la necesidad de insistir sobre métodos -de recolección, separación y reprocesado.

Otro estudio patrocinado por la Agencia de Protección del medio Ambiente fué hecho en 1972 por la compañía Research Triangle Institute, de Carolina del Norte, recomienda que se graven con impuesto federal todos los recipientes de bebidas, para evitar la prolifera--

TABLA 2.6

BOTELLAS DE PLASTICO EN LOS DESECHOS SOLIDOS EN ESTADOS UNIDOS

TIPO DE PLASTICOS	1970		1975		1980	
	MILES DE TONELADAS METRICAS	PORCENTAJE EN PESO	MILES DE TONELADAS METRICAS	PORCENTAJE EN PESO	MILES DE TONELADAS METRICAS	PORCENTAJE EN PESO
Polietileno de alta densidad.	238.0	84.0	417.0	87.0	639.0	87.9
Polietileno de baja densidad.	14.5	5.1	15.9	3.2	18.1	2.5
Polipropileno.	4.5	1.6	5.4	1.1	6.8	0.9
Cloruro de polivinilo.	26.0	9.3	41.7	8.7	63.1	8.7
T O T A L	283.0	100.0	480.0	100.0	727.0	100.0

ción de botellas y latas de desecho. El estudio también dice que debe ponerse un impuesto alto a las botellas para obligar a los usuarios a devolverlas y que pueden volver a usarse por las compañías embotelladoras.

Por su parte, algunos gobiernos estatales han contribuído directa o indirectamente a la reutilización de desechos de metales, -- plásticos, vidrio o papel, al gravar con impuestos los envases manufacturados con algunos de esos materiales.

El Estado de Nueva York, por ejemplo, estableció un impuesto de 2 centavos por cada recipiente de plástico vendido, con el objeto de estimular la recirculación de los envases usados y evitar su proliferación.

Sobre esta cuestión de los recipientes de metales, vidrio, -- plástico o papel, diversas compañías privadas se dedican a coleccionar algunos de esos envases y a reutilizarlos, ya sea volviendo a usarlos como tales, o procesándolos y posteriormente dándoles otro uso a los materiales resultantes del proceso; como en el caso de Pepsi-Cola, que tiene un equipo de camiones que se dedica a coleccionar botellas vacías y triturarlas con un equipo del cual están dotados, y después vende la pedacería a las fábricas de vidrio. La Pepsi-Cola fue ayudada en este programa por un proyecto de "Conservación de Recursos" de los Boy Scouts de América.

Diversas compañías privadas hacen investigaciones sobre reutilización de materiales de desecho de metales y sus compuestos plásticos, y llantas, vidrio o papel, y en todo el territorio americano --

han surgido plantas que se dedican a ese fin.

Se dió el caso de la planta de cemento de la ciudad de Craigsville, Va., de la compañía All American Environmental Control Corp., que adaptó el equipo de producción de cemento para pulverizar desechos sólidos y recuperar alguno de ellos, y utilizar la cantera solamente para reposición de desechos no utilizables.

Varias Universidades y escuelas superiores investigan técnicas de reutilización de uno o varios de los desechos mencionados, como es el caso de la Universidad de West Virginia, que realiza investigaciones sobre el empleo de cenizas ligeras, en contrato con la Oficina de investigación del Carbón del Departamento del Interior.

Asociaciones relacionadas con materiales de los cuales están constituidos los desechos han investigado su reutilización y han intervenido junto con organismos gubernamentales, universidades y otros organismos en congresos, simposios, etc., que se han efectuado para tratar asuntos relacionados con el tema; como la Asociación Nacional del Carbón, que ha participado en los simposios sobre utilización de las cenizas; la Sociedad de Industrias de Plásticos, etc. Por su parte, el Instituto Americano del Papel, de la ciudad de Nueva York, publicó en 1972 un libro titulado "Manual de Contaminantes", en el cual se identifican los principales contaminantes del papel de desecho y como perjudican o interfieren su recirculación y hacen que no sea reutilización o que su valor sea menor.

E U R O P A

En algunos de los países altamente industrializados de este continente se ha investigado sobre la reutilización de materiales - de desechos de metales plástico, vidrio o papel, procedentes de los desperdicios urbanos e industrializados.

Aquí al igual que en E.U., un porcentaje importante de los - desechos urbanos está constituido por envases usados. Para discutir técnicas sobre disposición y utilización de envases desechados, se efectuó en 1971 la Confederación Internacional sobre Disposición de Empaques, que se realizó en Gardone Riviera, Italia, patrocinado -- por el Club Rotario de Salo, en cooperación con la Federación Europea de Empaque.

Participaron en la Confederación alrededor de 300 empaquedo-- ras de Europa (inclusive Europa Oriental), E.U. y Asia, se dijo que era urgente actuar en el manejo de envases desechados, debido a la perspectiva de leyes restrictivas e impuestos discriminatorios so-- bre la materia.

Se discutió la cuestión de reutilizar los materiales de empaque y sobre este asunto, un expositor americano desarrolló un pro-- grama consistente en los 3 puntos siguientes:

1.- Diseñar envases que permitan reprocesar, reutilizar o -- producir menores cantidades de desechos, mediante la reducción del material de empaque.

2.- Especificar materiales de empaque que intervienen como -

materias primas, partes y ensamblado que permitan el máximo de desechos.

3.- Proveer métodos desarrollados para recolectar, reprocesar y disponer eficazmente de empaques de desecho por la industria, el gobierno y los consumidores individuales.

Por su parte, otro conferencista americano, habló sobre la perspectiva de reprocesar plásticos basados en un estudio patrocinado por el gobierno federal, el cual concluye que los empaques plásticos pueden reprocesarse a pesar de algunos problemas de diversa índole, como son:

1.- Un problema económico debido al elevado costo del material reprocesado en comparación con el costo de la resina virgen.

2.- Un problema político debido a las especificaciones y regulaciones gubernamentales que a menudo prohíben el empleo de plástico reprocesado.

3.- Un problema técnico que radica en la necesidad de emplear desechos de un solo tipo de plástico sin contaminación de otros materiales de empaque para poder reprocesar el plástico.

4.- Un problema psicológico debido a la creencia del consumidor típico de que las cosas hechas de material reprocesado son de calidad inferior que las hechas de material virgen.

Análisis de la reutilización de materiales de desechos de metales, vidrio, y papel en algunos países del Continente Europeo.

S U E C I A

Siendo este país uno de los principales productores de acero

del mundo, la reutilización de este material y de otros que están relacionados con su manufactura han recibido fuerte impulso, así como la reutilización de otros tipos de materiales.

A continuación se hace una breve reseña sobre algunas medidas que se han tomado en ese país para volver a emplear materiales de de secho:

1.- Chatarra de hierro y de acero.- Anualmente se recolectan más de un millón de toneladas métricas de chatarra de hierro correspondiendo de 140,000 a 150,000 toneladas a hierro colado y el resto a hierro forjado.

La materia prima de la producción total de acero consiste generalmente de 50% de chatarra de hierro y 50% de material obtenido de los minerales; alcanzando en 1971 la compra de chatarra de cifra de 750,000 toneladas métricas. En ocasiones la demanda de chatarra ha sido tan elevada que han tenido que importarse de 300,000 a - - - 400,000 toneladas métricas.

Con el objeto de obtener chatarra de acero a partir de automó viles desechados, se formó la compañía Bilfragmentering AB., por la unión de varias firmas del país, que estableció en Halmstad una plan ta para fragmentación de los carros desechados.

La planta tiene una capacidad de un automóvil por minuto y su costo inicial fue de 7 millones de coronas suecas.

2.- Chatarra de metales no ferrosos.- Esta chatarra constituye una parte importante, debido a su valor en el comercio de materia les de desecho. Actualmente se considera que existen de 140 a 150 --

clases diferentes de este material. La chatarra, después de clasificarse se envía a plantas de semimanufactura o a plantas donde vuelve a fundirse para hacer lingotes.

Las plantas de semimanufactura emplean cobre de alta calidad, chatarra de bronce y otros materiales, y la mayor parte del resto de la chatarra se funde para hacer lingotes utilizados en las fundiciones. La chatarra de metales no ferrosos tiene mucha demanda.

Varias firmas industriales constituyen la Metallättervinning AB, que también construyó una planta en Halmstad, la cual junto con la planta de la Bilfragmentring, AB. constituyen un complejo industrial de reutilización de materiales de desechos.

La planta de la Metallättervinning AB. está equipada para manejar chatarra de metales no ferrosos impuros, que se obtienen de la planta de fragmentación de automóviles, completándose así ambas plantas, ya que se calcula que en un carro hecho chatarra existen del 1.5 al 2% de metales no ferrosos sobre el peso inicial. La planta también recuperará metales de chatarra de cables y de otros materiales complejos. La inversión inicial de la planta fue también de 7 millones de coronas suecas.

3.- Papel de desecho.- En Suecia se colectaron 340,000 toneladas métricas de papel de desechos en 1971, de las cuales 80,000 toneladas métricas se exportaron. Una gran parte del total de desperdicios de papel está formada por periódicos y revistas viejas.

El papel de desechos se clasifica de acuerdo a los siguientes principios:

- a).- El papel debe estar libre de impurezas.
- b).- Deben separarse cuidadosamente las diferentes clases de papel.
- c).- El papel debe clasificarse de acuerdo al color o a otros aspectos distintos.
- d).- Debe dársele el tamaño adecuado para empacarlo.

Es importante que el papel esté libre de impurezas, ya que -- una pequeñísima cantidad de las mismas presente en el material, puede causar graves daños cuando el papel de desecho se mezcla con la pulpa.

En la actualidad se emplean alrededor de 30 tipos diferentes de papel, de los cuales el más apreciado es el papel blando sin madera y que no esté pintado, el cual está formado a menudo por recortes del encuadernado de libros.

4.- Otros desechos y planes futuro.- Aunque se ha investigado poco sobre la reutilización de desechos de plástico y de vidrio, ya se ha empezado a trabajar sobre el asunto.

El desarrollo del comercio de los desperdicios está basado en cálculo económicos y en análisis de utilidades. Están proliferando - empresas procesadoras de desechos, las cuales cuentan con equipo moderno y con métodos, los cuales han experimentado un desarrollo acelerado, así como las técnicas de transportación.

Las plantas del futuro que se dediquen a la reutilización de desechos tendrán un radio de acción efectiva de unos 70 km. aproximadamente, en donde coleccionarán el material, lo clasificarán, lo proce-

sarán y después lo venderán nuevamente aunque es posible que estas -- sean suplementadas por plantas de otro tipo.

Se considera que la legislación sobre la materia debe ser más-severa, con más regulaciones concretas, así como un control a su vez-más efectivo.

Así mismo, se considera que debe existir mayor cooperación entre la industria, las compañías dedicadas a la reutilización de materiales de desechos, los ayuntamientos y el gobierno del país.

GRAN BRETAÑA

Se han efectuado investigaciones sobre reutilización de materiales de desecho, lográndose algunos resultados positivos sobre todo en el campo de los plásticos. También se han desarrollado procesos para recuperar metales de los desechos de las minas y de desechos industriales.

1.- Materiales.- Entre los procesos para recuperar metales de desechos de minas, puede mencionarse uno que fue sugerido por D.L. Levi, consultor de la Universidad de Oxford; mediante el cual se recupera aluminio a partir de desperdicios de las minas de carbón. Este proceso, que se realiza a través de subcloruro de aluminio ($AlCl$), es al parecer una adaptación de otro denominado Proceso Gross, el cual se intentó emplear para purificar aluminio por la Alcan Aluminium de Arvida Que., Canadá, pero que fue desechado después de varias pruebas en plantas piloto debido a que presentaba varios problemas graves, como fueron corrosiones en alto grado, y otros más. En caso de que el proceso de Levi lograra superar las dificultades que se plantearon al

emplear el Proceso Gross, la Gran Bretaña obtendrá un doble beneficio, ya que se reduciría la gran cantidad de desechos de minas de carbón, y se tendría una fuente de aluminio, lo cual sería muy benéfico, porque tiene que importarse bauxita para la industria. También es factible, según Levi, recuperar potasa, y hierro de los desperdicios, lo cual traería grandes ventajas económicas.

Sobre la recuperación de metales y compuestos metálicos contenidos en desechos industriales, los laboratorios Warren Spring de Harts, efectuaron un estudio técnico y económico sobre la recuperación del molibdeno en los catalizadores gastados, que se emplean en procesos de hidroderulfuración de las refinerías de petróleo. Este estudio reviste una gran importancia en la reutilización de desechos sólidos, ya que las refinerías depositan, anualmente más de 250 toneladas métricas y además de que, según las legislaciones sobre empaques sellados cuyo costo es de alrededor de 36 dólares por toneladas métricas. El beneficio se obtendría vendiendo el molibdeno recuperado a la industria del acero. La planta que efectuará este proceso, podría pagar el catalizador gastado a 56 dólares por toneladas métricas.

Sin embargo, hace algunos años una compañía americana, había intentado comprar catalizador gastado, pero tenía que pagarlo a 400 dólares la tonelada métrica, debido a que la British Petroleum tenía que pagar 2,500 dólares por tonelada de catalizador fresco. A pesar de ello, la British Petroleum considera que el proyecto puede llegar a ser atractivo debido al aumento de la capacidad de las unidades de

hidrodesulfuración, a las leyes más severas contra la contaminación y la disminución de los suministros de molibdeno.

Debido a la enorme dependencia de la materia prima, el estudio supone una duración de la planta de 5 a 6 años. Se empleó una tasa interna de retorno del 30% para calcular el flujo descontado de caja. Se estimó una inversión de capital para la planta de 45,000 dólares, con costos de operación anuales de 18,450 dólares.

Añadiendo el valor del flujo de caja descontado anual, el estudio calculó el valor neto presente (1971) del proyecto, en 27,800 dólares. Descontando también el valor del material almacenando durante la vida de la planta, al precio máximo que podría pagarse por el catalizador gastado, en términos del molibdeno que puede obtenerse, alcanza los 56 dólares. Descontando también el valor del material almacenando durante la vida de la planta, el precio máximo que podría pagarse por el catalizador gastado, en términos del molibdeno que puede obtenerse, alcanza los 56 dólares por tonelada métrica.

2.- Plásticos.- Amos Paske, jefe del Consejo de la Britain's-Regal Packaging Ltd. inventó una máquina que fabrica paletas de dicho material a partir de la alimentación que consiste en plástico de desecho pulverizado.

Un prototipo de dicha máquina está operando en una planta de la firma New Market de la ciudad de Suffolk. El costo para un modelo comercial se calculó en 62,500 dólares en 1971. El gobierno británico ha estado ayudando para sostener el desarrollo de la máquina, lo cual ha atraído la atención de posibles clientes o licencias.

3.- Papel.- En 1972 se comenzó a investigar la posibilidad de reemplazar el asbesto por desechos de la industrialización del papel, por la firma Plastic Research Laboratories, de Derbyshire, que en -- cooperación con la National Research Development Corp, construyó una planta piloto para fabricar el producto mencionado, complementario - para los asbestos y con su misma resistencia al fuego. La Plastic Re search Laboratories, especializada en recirculación de desechos, se mostraba renuente a discutir el proceso, en el cual los ingredientes son todos los desechos de la producción de papel.

Cuatro firmas papeleras, una empresa productora de loza y la Asociación de la Investigación de la Industria del Papel de la Gran-Bretaña, han estado investigando el proceso.

OTROS PAISES EUROPEOS

En 1971 la George & Co. de Lieja, Bélgica y la Klockner & Co. de Duisburgo, Alemania, invirtieron más de 60,000 dólares en cons- - truir una planta prototipo para recuperar acero de los automóviles - desechados, mediante un método criogénico.

En ese mismo año se empezó a construir en Bélgica una planta- con capacidad de 60,000 toneladas por año, que funciona mediante ese proceso; y otra similar se empezó a construir en Alemania en 1972.

En Francia también se ha investigado la reutilización de dese- chos de metales, plástico, vidrio y papel. Cabe mencionar un proceso para utilización de desechos de plásticos y vidrio que fue desarro- llado por la Sociedad de MOX de París en 1971. Mediante este proceso, se fabrican ladrillos y otros elementos de construcción, y puede pro

cesar una mezcla de varias clases de plástico de desecho, inclusive cloruro de polietileno y poliestireno juntos.

J A P O N

Debido a los problemas de contaminación producidos por el alto grado de industrialización de este país y a la escases de algunas materias primas, se ha investigado la reutilización de los desechos sólidos que no son biodegradables.

Para la industria siderúrgica, el Japón tiene que importar - chatarra de hierro, principalmente de los Estados Unidos.

Para la disposición de desechos de plástico, la Tokyo Kiryoky, Co. fabrica unos incineradores, con los cuales se obtiene ácido clorhídrico como subproducto.

Por su parte, la Japan Synthetic Paper Co., desarrolló un sistema para reducir láminas de plástico de desecho para producir granos muy pequeños, los cuales posteriormente se vuelven amoldear, para fabricar láminas, recipientes y otros objetos. Esta compañía también tiene una máquina donde se mezclan los desechos de plástico con cemento y se compacta la mezcla en bloques sólidos, los cuales se emplean para relleno y para construcción de terraplenas o diques.

Existen varias industrias en el país dedicadas a la reutilización de desechos plásticos, ya sea para producir plásticos nuevamente, ya para producir sustancias obtenidas por la descomposición de dichos materiales.

C A P I T U L O I I I

REUTILIZACION DE METALES, COMPUESTOS METALICOS Y CUERPOS QUE LOS CONTIENEN

A.- Desechos urbanos.- Dentro de esta clase de desechos se consideran todos aquéllos que son depositados en los basureros municipales; no se incluyen aquí los desperdicios industriales.

1.- Chatarra.- Aquí se incluyen principalmente automóviles abandonados así como también lavadoras, refrigeradores y otros objetos. Estos desperdicios constituyen un problema muy grave de disposición, porque ocupan grandes espacios debido a su tamaño.

Desde hace años se ha trabajado en la reutilización de la chatarra, ya que contiene una cantidad considerable de acero, el cual puede emplearse nuevamente en las plantas fundidoras.

a).- Procesos de la Proler Steel Co.- Hace aproximadamente cuarenta años, en la planta de esta firma en Houston, Tex., la chatarra se cortaba o se soldaba en piezas lo suficientemente pequeñas para molerlas en molinos hidráulicos. Estos productos se conocían con el nombre de "Paquete No. 2", cuyas dimensiones eran 30 x 24 pulgadas (76.2 x 61 cm) o menores, presentaban al problema de estar -- contaminados con pinturas, madera, accesorios de metales no ferrosos y otros cuerpos.

La estructura de los automóviles se cortaba con soplete de acetileno y con pequeñas tijeras de cocodrilo en piezas de 5 x 1 1/2 pulgadas (12.7 x 3.81 cm.). Este producto se conocía con el nombre de "Acero Pesado de Fundición No. 2" y contenía contaminantes de co

bre de la tubería de la gasolina y de los alambres del sistema eléctrico.

Tanto el "Paquete No. 2" como el "Acero Pesado de fundición - No. 2" se consumían en las fundidoras de acero cuando la demanda era muy alta y generalmente tenían que diluirse con metal fundido procedente del alto horno para reducir los contaminantes al mínimo, y lograr las especificaciones del producto terminado.

Posteriormente los molinos hidráulicos llegaron a ser mayores y las tijeras de cocodrilo fueron reemplazadas por guillotinas hidráulicas mayores.

Actualmente los molinos tienen la capacidad suficiente para consumir el automóvil completo, con o sin estructura, producto que se conoce como "Chatarra de Automóvil Cortada".

Sin embargo, debido a que no se había resuelto el problema de los contaminantes, y a que los fabricantes de acero eran restringidos con especificaciones más rígidas, la "Chatarra de Automóvil Cortada", sólo encontraba acomodo cuando tuviera un precio atractivo y la producción de acero se elevara a tal grado, que fuese práctico usarla sumergida en un baño con metal fundido procedente de los altos hornos, para producir un lingote, el cual posteriormente podía ser laminado en un acero de calidad satisfactoria.

Más tarde, se pensó en procesar los automóviles sin el radiador, el motor y las llantas, con el objeto de eliminar los contaminantes. Los automóviles se comprimían en una prensa hidráulica a razón de 2 automóviles cada 1 1/2 ó 2 minutos, para obtener el "Paquete

No. 2".

Por su parte, la planta Prolerizer de Kansas City, Miss. procesa automóviles, lavadoras, refrigeradores y artículos similares. Los materiales de desecho pasan a través de un horno para eliminar el plomo, la soldadura y otros contaminantes; los cuales pasan después por un molino gigantesco que los reduce de tamaño hasta partículas pequeñas.

Completado el primer paso, empieza el proceso de refinación, ya que muchos contaminantes aún permanecen. En la primera separación magnética, debido a que los metales ferrosos se adhieren al magneto, se separan algunos contaminantes.

El hule de las puertas, la porcelana, el polvo y la vestidura se eliminan por el proceso Prolerizing, para ser sacados posteriormente por un transportador y pasarlos a una tolva, y después utilizarlos en el relleno de suelos. Por ese proceso se recupera también la chatarra de metales no ferrosos.

El producto terminado es chatarra de alta calidad, limpia de contaminantes y de metales no ferrosos que se han eliminado. Esta chatarra tiene gran demanda en fundiciones del país y extranjeras.

En 1956 y 1957, el Departamento de Ingeniería, Investigación y Desarrollo trabajó para lograr un proceso mediante el cual pudieran eliminarse los contaminantes de los automóviles desechados y convertir la chatarra en un producto para las fundiciones. Este producto tendría que ser de alta calidad y con bajo contenido de elementos residuales, de tal forma que los consumidores pudiesen emplearlo ven

tajosamente en sus hornos para hacer un lingote u otro producto terminado con las especificaciones requeridas por los metalurgistas y los consumidores, que pudiera destinarse a la fabricación de automóviles, aplicaciones caseras y otros usos.

Esta chatarra es de metal pesado, homogénea, químicamente pura y de alta densidad. Su peso varía entre 80 y 90 libras/pie cúbico (1.28 y 1.44 gr/cm. cúbico), aunque se han obtenido lingotes con peso de 205 libras/pie cúbico (3.28 gr/cm. cúbico).

Este material puede ser transportado por electromagnetos, transportadores, o con ganchos. Es lo suficientemente pequeña y densa para almacenarse en tolvas. El producto puede emplearse en todo tipo de procesos de hierro forjado y de fabricación de acero.

Hacia 1970 existían cuatro plantas de este tipo que consumían y procesaban 2 automóviles por minuto u 800 a 1000 por día.

El acero que se obtiene ha sido probado y fundido por la mayor parte de los fabricantes de acero de los Estados Unidos. El costo de una instalación de este tipo (1970), era de más de 2 millones de dólares.

b).- Proceso de la Korbblock Corp.- Trabajando bajo un contrato de investigación con la Oficina de Minas del Departamento del Interior de los Estados Unidos, esta compañía desarrolló un proceso para fabricar bloques de concreto moldeados alrededor de chatarra compactada de automóviles.

Para producir estos bloques, los carros se queman para disponer de los materiales combustibles. El residuo de chatarra metálica-

se corta en dos secciones, se comprime y después se cubre con una -
capa de concreto de 2 pulgadas (5 cm.). El calor producido en la in
cineración se usa para secar el concreto.

Según la Oficina de Minas, estos bloques de núcleo de chata-
rra de acero tienen un futuro promisorio como materiales de cons- -
trucción, refuerzos y pilas de puentes, paredes de retención y cimenen
taciones.

La Universidad de Lehigh efectuó pruebas de resistencias en-
muros construidos con bloques de este tipo, y se observó que aguan-
tan una carga comparable a la que soportan los muros construidos --
con bloques de concreto sólidos.

c).- Método criogénico.- Este método fue desarrollado por la
George & Co., negociante de materias primas de Lieja, Bélgica.

En este proceso los automóviles, a los cuales previamente se
les han quitado las llantas, son comprimidos convencionalmente, ob-
teniéndose unos paquetes cuadrados, los que después se enfrían a --
temperaturas entre -190°F y -310°F (-124°C y -190°C), mediante - -
frío inducido por medio de nitrógeno líquido.

A estas temperaturas, los metales no ferrosos presentan una-
consistencia muy frágil, no así los componentes ferrosos. Cuando --
los paquetes pasan a un fragmentador, los componentes no ferrosos -
son desmenuzados en piezas del tamaño de una moneda, las cuales se-
separan fácilmente del resto de la chatarra. Los lingotes quedan en
tonces adecuados para alimentarse a hornos eléctricos.

Según la compañía, una cantidad mucho menor de residuos de -

cobre acompaña a los fragmentos utilizando este método, que cuando se emplea el método convencional de recuperación de acero de carros-desechados.

Se requieren alrededor de 4 gal. de nitrógeno líquido por cada 100 libras de chatarra (33.36 lt por cada 100 kg).

d).- Proceso de la General Motors Corp.- Mediante este proceso reutiliza chatarra de acero procedente de las plantas de impresión para convertirlo en láminas.

La chatarra se corta en pedazos pequeños que se pasan a través de un horno. El recipiente y los tochos de chatarra se calientan a temperatura de soldadura, la cual es inferior que el punto de fusión del acero. Los tochos calientes se pasan después a través de un rodillo para producir láminas de acero. Por medio de este proceso se obtiene acero de estampado de calidad excepcional, el cual se emplea para fabricar partes de máquinas de estampado.

e).- Procesos suecos.- Entre los procesos desarrollados en Suecia para utilizar la chatarra, pueden mencionarse los siguientes:

1).- Procesos de las plantas fragmentadoras.- La planta de la compañía Bilfragmentering AB de la ciudad de Halmstad procesa automóviles desechados para obtener chatarra para las fundiciones.

Los automóviles se reciben en depósitos de las grandes ciudades, donde se les quitan baterías, radiadores, motores y otras partes que tengan valor comercial. El resto se quema, se corta y después se comprime en un paquete. El tanque del combustible y el asiento trasero se remueven de la chatarra la cual después se aplasta.

La chatarra se lleva entonces a la planta de fragmentación donde se quiebra en un molino de martillos. En esta forma se obtiene chatarra de acero de primera clase, libre de pintura, líquido de sellar y otros metales no ferrosos.

Los metales se separan sobre transportadores de banda para después recuperarlos por medio de otros métodos. La chatarra de acero se envía a las fundiciones.

Por su parte, la planta de la Metallåtervinning AB, situada en la misma ciudad que la planta mencionada anteriormente, se dedica a recuperar metales por medio de máquinas trituradoras de metales impuros tales como cables y otros materiales complejos, y a clasificarlos según las diferentes calidades por medio de flotación seca.

El aislamiento de los cables se quita por medio de máquinas y no mediante incineración.

Esta planta está equipada también para manejar escoria de metales impuros procedentes de la planta de fragmentación de automóviles, ya que la cantidad de metales no ferrosos en la chatarra de automóviles se estima que sea entre 1.5 y 2% del peso original.

2).- En 1971 se empezó a desarrollar un proceso de utilización de chatarra como fuente de níquel, hierro y cobalto, bajo la dirección de H. Reinhardt de la Universidad Tecnológica Chalmers de Gotemburgo. Este proceso consta de cuatro operaciones distintas, que son: tratamiento pirometalúrgico de la chatarra (aleaciones, desechos de moliendas, virutas de torneado, etc.), disolución electrolítica, extracción y separación mediante solvente y recuperación electrolítica

de metales (Fig. 3.1).

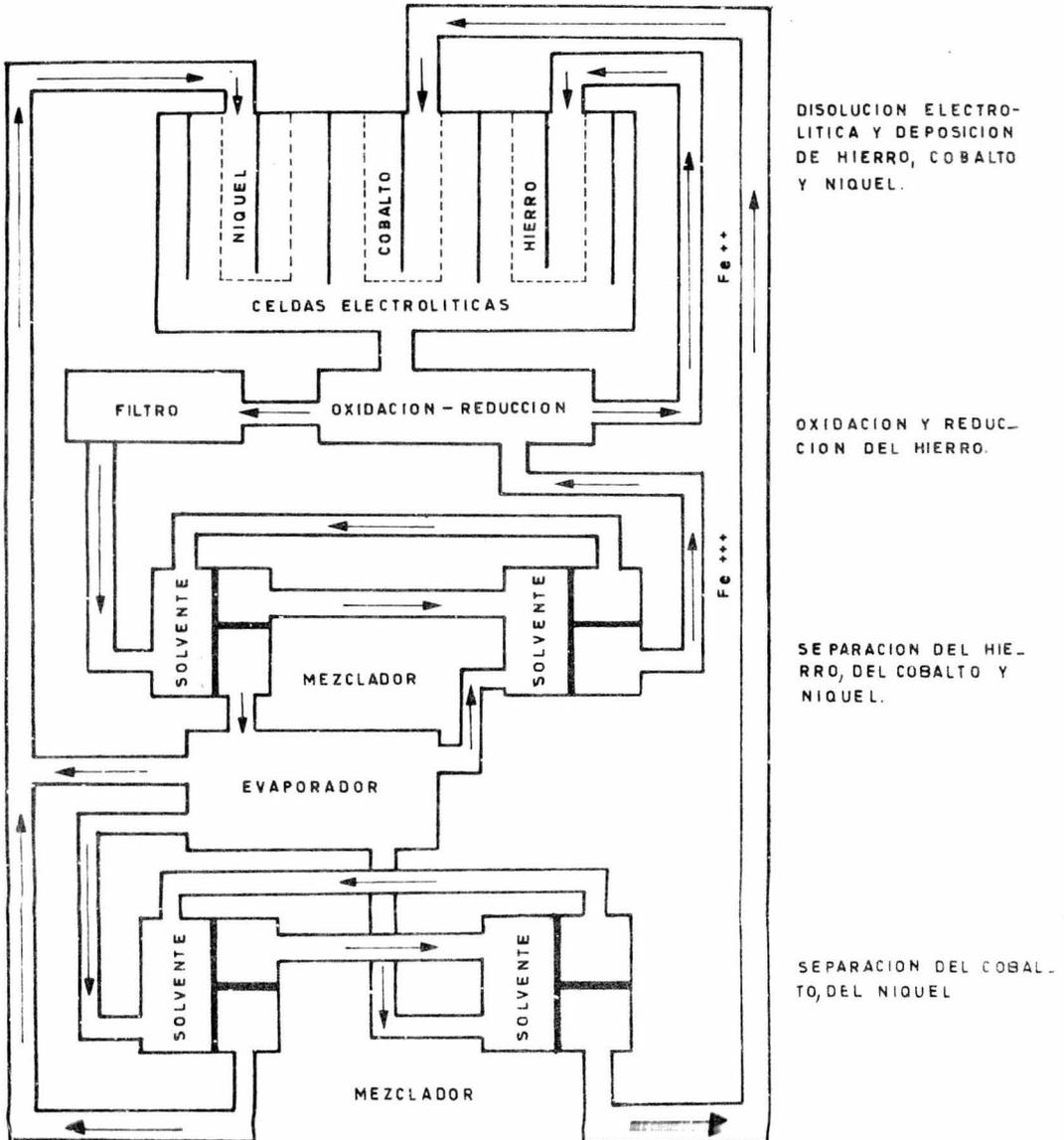
Primeramente, la chatarra conteniendo no metales, se funde en un horno, resultando una mezcla homogénea de metales, la cual se vuelve a fundir en un horno de alta frecuencia con 3 a 4% de grafito, lo cual hace que los metales de punto de fusión alto (molibdeno, wolframio, etc.) se conviertan en carburos, mientras que los otros metales son preparados para la disolución electrolítica.

Los gránulos de metal pretratado se alimentan a unas cestas de titanio que actúan como ánodos, en un sistema de celdas de diafragma que emplea como electrolito cloruro de calcio. Hierro, cobalto y níquel, así como pequeñas cantidades de cromo se disuelven mediante la corriente eléctrica, mientras que el residuo del ánodo (carburos de molibdeno, wolframio y cromo) se trata por medio de un proceso especial para formar molibdo-wolframato de calcio.

Con el objeto de separar el hierro del cobalto y níquel en solución se oxida electroquímicamente de su estado divalente a la forma trivalente. Una vez oxidado, el hierro puede disolverse y extraerse mediante un solvente orgánico (una anima terciaria disuelta en kerosina y dodecanol) y se separa con el condensado de un evaporador. Finalmente, el hierro en forma trivalente se recircula a la parte catódica de la celda de oxidación para reducirlo al estado divalente y recuperarlo por precipitación.

Después de separado el hierro, en el evaporador quedan únicamente cobalto y níquel, el cual se concentra a 200 gr. de ión cloruro/lit. El cobalto se extrae con un solvente orgánico semejante al em

FIGURA 3.1: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECUPERACION ELECTROLITICA DE HIERRO COBALTO Y NIQUEL



pleado para la extracción del hierro, se separa con el condensado -- del evaporador y se regresa al otro compartimiento catódico de la -- celda principal para depositarlo. La solución remanente de níquel se diluye con condensado y también se regresa a un compartimiento de recuperación.

2.- Subproductos de incineradores de desperdicios urbanos.

a).- Beneficio físico continuo de metales y minerales contenidos en residuos de incineradores municipales.- La Oficina de Minas - de E.U.A. inició un programa para desarrollar métodos efectivos para recuperación y recirculación de metales y otros minerales contenidos en residuos de incineradores, se dió importancia en desarrollar y establecer procedimientos mecánicos continuos para separar estos resíduos en productos para un posterior tratamiento metalúrgico y refinación. Dependiendo de la tecnología de minerales existente, se diseñó un diagrama de flujo del beneficio y se instaló una planta de procesado continuo.

Muestras de residuos colectados en incineradores localizados en diferentes partes del país se procesaron a razón de 1000 lb/hr -- (454 kg/hr.) El cribado, fragmentado, molido, separación magnética y concentración por gravedad continuas, se aplicaron para producir - concentrados metálicos de hierro, compuestos de metales no ferrosos, fracciones de vidrio claro y cenizas de carbón finas.

La investigación para desarrollar sistemas de refinación de - metales y vidrios recuperados en productos costeables, se inició y con

tinúa.

A partir de los datos de ingeniería obtenidos en la planta de proceso continuo, se hizo una evaluación de capital y costos de operación para una planta con capacidad de 250 toneladas de residuos secos por día, ésto es equivalente a 360 toneladas de residuo húmedo - obtenido de un quemador de 1000 tons. de desecho.

Las investigaciones iniciales establecieron métodos confiables para muestras de residuos de incineradores y caracterización de esta mezcla húmeda de metales y minerales. El trabajo reveló que el metal y el vidrio constituyen aproximadamente el 75% en peso de los residuos, una proporción que varía extremadamente poco entre diversas muestras, considerando el carácter heterogéneo de los residuos.

Con el objeto de establecer la composición general de los residuos, las investigaciones se enfocaron en desarrollar métodos mecánicos y húmedos para recuperar y separar los residuos en fracciones que si fuese necesario, pudieran ser tratadas posteriormente para fabricar productos capaces de recircularse. Refiriéndose exclusivamente a la tecnología de minerales existente, se investigaron varias combinaciones de técnicas de beneficio de minerales.

Las técnicas más promisorias que se obtuvieron en esta investigación, se incorporaron en una planta de beneficio mecánico continuo. La planta se diseñó para procesar 1,000 lb (454 kg) de residuo por hora, y se construyó con el propósito de obtener datos de Ingeniería que permitiesen diseñar una planta con capacidad de 250 tone-

ladas de residuo por día y evaluar capital y costos de operación.

b).- Diagrama de flujo.- Los residuos de incineradores son hechos una mezcla compleja húmeda de metales, vidrio, escoria, papel sin quemar, carbón y cenizas conteniendo varios óxidos metálicos. El contenido de residuos de la mezcla varía entre 22% y 47%, y depende en primer lugar del grado de incineración. Como todos los operadores de incineradores están enterados, el grado de quemado es altamente influenciado por factores tales como el contenido de la mezcla de residuos que entra, la temperatura de operación, la capacidad a la cual debe operar el horno, y el tipo y estado de separación de los hornos. Podría indicarse que el diagrama de flujo del proceso incorporó la planta de proceso continuo, se diseñó sobre la base y los residuos, los cuales contendrían el mínimo de papel sin quemar, trapos y materia orgánica.

Las muestras de residuos se colectaron en cilindros tarados de 30 galones (133.55 lt), de aquí se tomaron para el laboratorio y se pesaron. Se practicó un sistema de alimentación continuo, echando los residuos húmedos en una placa de metal y pasando el material a un transportador de alimentación a un flujo determinado anteriormente.

La figura 3.2 muestra el diagrama de flujo. La figura 3.3 es una forma de circuito presentando diversos tipos del equipo utilizado.

La alimentación se pasa primero a un tamiz cilíndrico de 3 pies de diámetro por 10 pies de largo (0.915 x 3.05 m.) con hoyos de

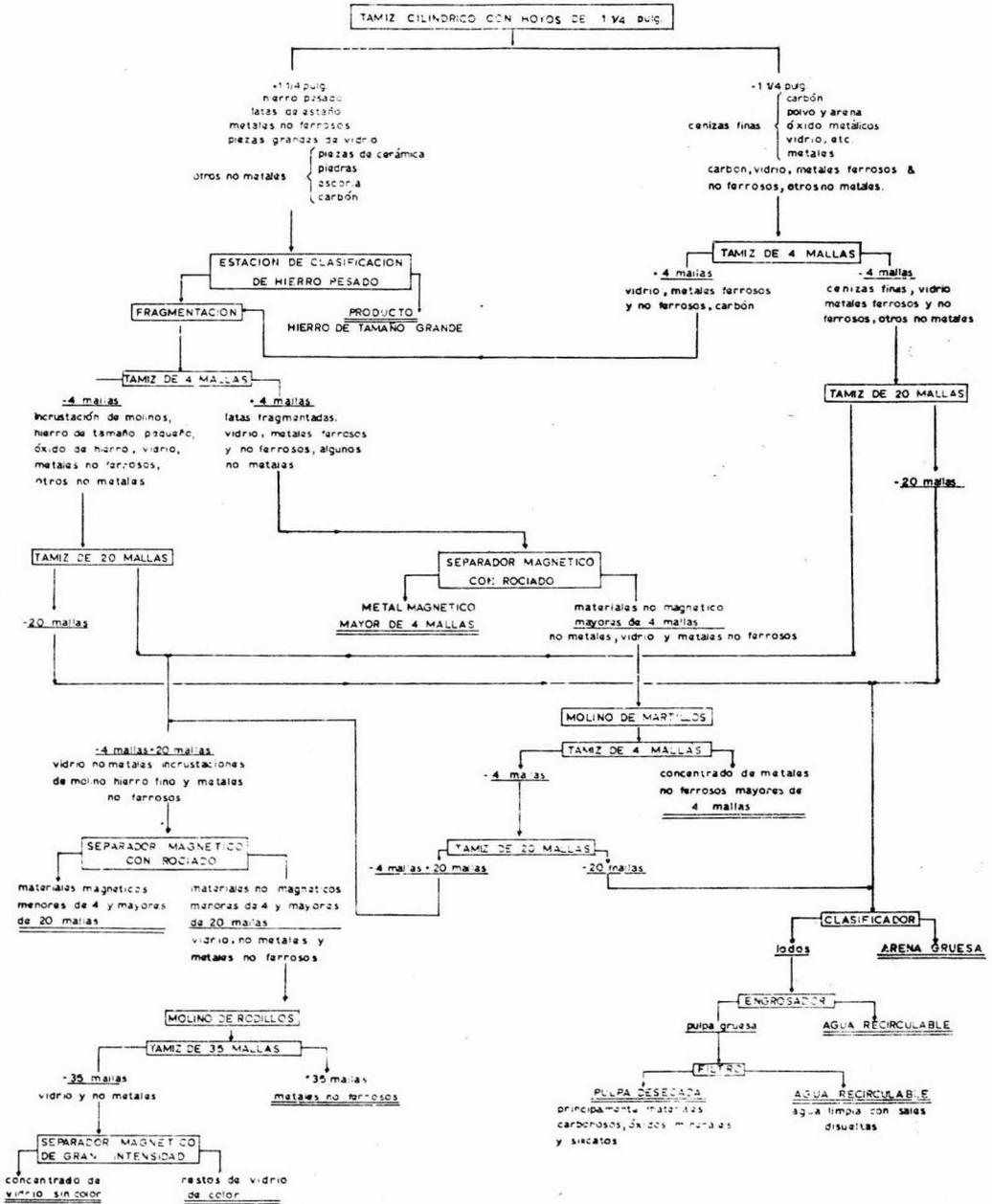


FIGURA 3.2

DIAGRAMA DE FLUJO DEL BENEFICIO DE LOS RESIDUOS PARA RECUPERACION DE MATERIAS UTILIZABLES CONTENIDAS EN RESIDUOS DE CONSUMIDORES.

1 1/4 de pulgadas (3.18 cm).

El tamiz se ajusta con un mecanismo interno para proveer la -
revoltura. Durante el tamizado los residuos son mojados contínuamen-
te con agua.

El material después de la separación preliminar del tamiz se -
compone primordialmente de latas, alambre, hierro, y algunas piezas -
grandes de metales no ferrosos, papel, vidrio, y algunos otros no me-
tales.

El material que es tamizado se moja en un tamiz circular vi--
bratorio de 30 pulgadas (76.2 cm) de diámetro entre 4 y 20 mallas. -
El material mayor de 4 mallas consiste principalmente de corcholatas,
clavos, vidrio, metales no ferrosos y otros no metales. La fracción-
menor de 4 y mayor de 20 mallas contiene vidrio, otros no metales, -
residuos de fábricas, hierro fino y metales no ferrosos. El material-
menor de 20 mallas, se compone principalmente de carbón, polvo, vi--
drio fino, otros metales y óxidos metálicos.

Todo el material mayor de 1 1/4 de pulgada (3.18 cm), con ex-
cepción de las piezas más pesadas de hierro, se mezclan con fraccio--
nes de menos de 1 1/4 de pulgadas mayores de 4 mallas. Este compues-
to de la primera operación de tamizado se fragmenta en un molino de
martillos de 30 HP que tiene 32 martillos rotatorios con una veloci-
dad periférica alrededor de 8,500 pies/min. (259 m/min.). El molino-
se ajusta con una reja de descarga que tiene aberturas de 4 x 4 pul-
gadas (10.2 x 10.2 cm). El material fragmentado se transfiere a una
segunda operación de tamizado donde se moja sobre un tamiz vibrato-

rio de 30 pulgadas (76.2 cm.) de diámetro ajustado entre 4 y 20 ma--llas. El material mayor de 4 mallas se descarga a un transportador -vibratorio, el cual riega el material a un separador magnético cilíndrico de 30 pulgadas de diámetro, 14 de ancho (76.2 x 35.6 cm.) y de polos alternantes. El magneto tiene una fuerza de campo de 500 gauss medido a 2 pulgadas (5 cm.) de la coraza. Un baño de agua da al material adherido al magneto un baño final, quitando el producto del hierro puro. La fracción no magnética que se compone de piezas relativamente grandes de metales no ferrosos, vidrio y otros no metales, seseca sobre un tamiz de 20 mallas. Para recuperar los metales no ferrosos, la fracción que no pasa las 20 mallas se alimenta en un molino de martillos de 7.5 HP con 20 martillos rotatorios de velocidad periférica de alrededor de 8,500 pies /min. (259 m/min.). El molino se -ajusta solamente con un enrejado de descarga con aberturas de 2 x 8-pulgadas (5 x 12 cm.), donde se desmenuza la mayor parte del vidrio-y otros no metales. La descarga del molino se tamiza y se lava sobre un tamiz circular vibratorio de 24 pulgadas (60 cm.) de diámetro --ajustado entre 4 y 20 mallas. El material retenido por las 4 mallas-se recupera como concentrado de metales no ferrosos. Esta fracción -representa alrededor del 75% de los metales no ferrosos recuperables.

El producto de la primera sección de tamizado menor de 4 y mayor de 20 mallas se combina con la fracción del mismo tamaño de las-operaciones de fragmentado. Usando un sistema de sobrealimentación,-este producto combinado se trata en un separador magnético de cilindro de polos alternantes de 30 pulgadas de diámetro por 18 de ancho-

(75 x 45 cm) y de intensidad variable. Este separador tiene una intensidad de campo de 1,200 gauss medido a 2 pulgadas (5 cm.) de la cubierta. Se pone agua directamente sobre la superficie del tambor, se arrastra el material no magnético. El concentrado magnético es -- una mezcla densa de pequeñas partículas ferrosas, residuos de fábricas y escoria altamente magnética. El producto no magnético contiene una cantidad apreciable de metales no ferrosos mezclados con vidrio y otros no metales, se pulveriza en un molino de rodillos de 10 pulgadas de diámetro por 4 pies de largo (25 x 120 cm.), de descarga -- periférica. La descarga del molino se lava y se tamiza sobre un tamiz vibratorio circular de 24 pulgadas de diámetro (60 cm.) con 35 - mallas, para recuperar los metales no ferrosos de tamaño mayor. Durante la molienda, el vidrio se desmenuza, se reduce rápidamente de tamaño, mientras que la mayor parte de los metales no ferrosos, siendo maleables, se aplanan permitiendo así una mejor separación en el tamiz.

El material que pasa las 35 mallas se alimenta a un separador magnético tipo matriz, de 26 pulgadas de diámetro, por una pulgada de grueso (65 x 2.54 cm.), de disco rotatorio. La intensidad del campo del separador de la abertura cerrada es de 2,500 gauss. En este paso el vidrio se somete a un enviado magnético final, y las partículas magnéticas débiles, incluyendo algo de vidrio de color se separan del vidrio no magnético.

Todos los productos que pasan las 20 mallas de varias opera--

ciones de tamizado se combinan y pasan a un clasificador espiral de 10 pulgadas de diámetro por 7 pies de largo (25.4 x 213.5 cm.) para quitar los lodos. Los lodos pasan después a un condensador de 3 pies de diámetro por 3 pies de profundidad (91.5 x 91.5 cm.) y después a un filtro cilíndrico de vacío de 18 pulgadas de diámetro por 12 - de largo (45 x 30 cm.).

Tanto la arena como los lodos contienen pequeñas cantidades de carbón, alúmina, potasa y fósforo.

c).- Balance de materiales.- Basados en los datos obtenidos en la planta de beneficio continuo, en la tabla 3.1 se da un balance de materiales para una planta que procesa 1,000 libras (454 kg.) de residuos secos por hora. Los datos deben considerarse aproximadamente, dado que los residuos pueden variar no solamente de un incinerador a otro, sino que también dependiendo de la época del año, y de la localización.

La operación de la planta cuando se alimentan 1000 libras -- (450 kg.) de residuos sólidos por hora, producirá aproximadamente - 166 libras (75.36 kg.) de metales ferrosos grandes por hora, compuestos principalmente de alambre, hierro pesado y latas fragmentadas.- El material magnético recuperado de la fracción que pasa las 4 mallas se compone principalmente de pequeñas partículas de hierro, resíduos de fábricas y escoria altamente magnética, produce alrededor de 139 libras por hora (63.1 kg/hr). La fracción total de materiales ferrosos corresponde alrededor de 30.5 % de la alimentación. La producción total de mezclas de concentrados de metales no ferrosos-

TABLA 3.1

BALANCE DE MATERIALES PARA LA PLANTA PROCESADORA DE RESIDUOS DE INCINERADORES

	LIBRAS POR HORA	KG. POR HORA	PORCIENTO EN PESO	PORCENTAJE EN PESO ACUMULADO
Hierro pesado y alambres.	30	13.6	3.0	3.0
Material magnético mayor de 4 mallas.	136	62.7	13.6	16.6
Metales no ferrosos mayo-- res de 4 mallas.	17	7.7	1.7	16.6
Materiales magnéticos en-- tre 4 y 20 mallas.	139	63.0	13.9	32.2
Metales no ferrosos entre- 4 y 35 mallas.	11	5.0	1.1	33.3
Vidrio no magnético menor- de 35 mallas.	289	131.0	28.9	62.2
Vidrio magnético menor de- 35 mallas.	207	94.0	20.7	82.9
Arenas clasificadas menores de 20 mallas.	159	72.0	15.9	98.8
Cieno grueso.	12	5.4	1.2	100.0
T O T A L	1,000	454.4	100.0	

alcanza cerca de 28 lb/hr (12.7 kg/hr). Durante la operación se producen alrededor de 289 lb/hr (131.2 kg/hr) de concentrado de vidrio incoloro y 207 lb/hr (94 kg/hr) de vidrio magnético. Ambas fracciones de vidrio representan alrededor del 50% de la alimentación. La fracción que pasa las 20 mallas, que incluye los lodos, representa alrededor de 17.1 % de la alimentación.

Como se muestra en la tabla 3.2, la cantidad de agua necesaria para todos los baños es aproximadamente de 12.9 gal/min. (48.46 - - - lt./min.), cuando se procesan residuos a razón de 1,000 lb/hr (454 kg/hr), con una condensación de productos lodosos de alrededor del 97%. El agua utilizada en el proceso puede recuperarse. Como los residuos que entran contienen una cantidad apreciables de humedad, se puede recuperar más agua de la que se ha utilizado.

d).- Evaluación del proceso.- La evaluación fué hecha por el grupo de Evaluación y Simulación de Procesos en el College Park Metallurgy Research Center, utilizando procedimientos y técnicas de la Oficina de Minas.

Por extrapolación de los datos obtenidos en la planta modelo, el capital y los costos de operación estimados para una planta diseñada para tratar 250 ton. de residuos secos de incinerador por 8 hrs. al día por 5 días por semana. Un incinerador produciendo 250 ton. de residuos secos cada 24 horas, procesaría alrededor 1000 ton. de material de desperdicio. Los residuos se deberían apilar en cajas durante los paros de la planta. En la tabla 3.3 se muestran los costos de operación estimados para una planta sin sección de separación de vidrio fino. Los costos estimados de operación para una planta con --

TABLA 3.2

REQUERIMIENTO DE AGUA DE LAVADO PARA EL PROCESO CONTINUO

LOCALIZACION DEL LAVADO	AGUA REQUERIDA	
	gal/min.	lt/min.
Tamiz cilíndrico	2.6	9.84
Tamizado primario	0.7	2.29
Tamizado secundario	2.0	7.57
Cilindro magnético permanente	0.5	1.89
Tamizado de fragmentación secundario	0.8	3.03
Electro-cilindro y tamizado de molino de barra	1.7	6.43
Separador magnético de matriz	4.6	17.41
T O T A L	12.9	48.46

TABLA 3.3

COSTOS DE OPERACION ESTIMADOS PARA LA SECCION DE SEPARACION DE MATERIALES (NO SE INCLUYE EL VIDRIO). TRABAJANDO 250 TONELADAS POR - DIA.

	COSTO ANUAL (dólares)	COSTO POR TONELADA DE RESIDUO TRATADO (dólares)
Costos directos:		
Materiales	1,100	0.02
Servicios	10,700	0.17
Trabajo	31,200	0.48
Mantenimiento	32,000	0.50
Gastos generales y suministros	19,000	0.29
T O T A L	94,000	1.46
Costos indirectos y fijos	85,600	1.31
Costos totales de operación	179,600	2.77

sección de procesado que incluye separación del vidrio incoloro del vidrio de color, se muestran en el capítulo de reutilización de vidrio.

Los costos de operación estimados para una planta sin separación de vidrio fino son de 2.77 dólares/ton. de residuo seco. La inversión de capital estimado para la planta fué de 1,262,000 dólares, a precios de 1969.

Incorporando las secciones de separación de vidrio, los costos de operación estimados se elevan a 3.52 dólares/ton. de residuo, correspondiendo al incremento los costos de separación y de secado del material para producir un producto comercial. El capital estimado para una planta de este tipo fué de 1,627,700 dólares a los mismos precios.

e).- Refinación de los productos recuperados.- La refinación de metales y minerales recuperados de residuos de incineradores de desechos urbanos, para fabricar productos comerciales, fue uno de los principales objetivos de la investigación. En el College Park Metallurgy Research Center de la Oficina de Minas, muchos métodos para refinar las fracciones de hierro que contienen pequeñas cantidades de cobre y estaño, para obtener un producto comercial, como puede ser alimentación para los hornos eléctricos, se han visto promisorios. También se han desarrollado métodos para separar las mezclas de metales no ferrosos y refinar los productos individuales. Las fábricas de aluminio y de otros metales secundarios y varias plantas químicas han mostrado gran interés en los métodos para recuperar y

refinar este metal de desecho.

De acuerdo a la Oficina de Minas, La Universidad de West Virginia realiza investigaciones para desarrollar métodos para recuperar y utilizar los minerales contenidos en estos desechos. Otras Universidades también han hecho estas investigaciones.

f).- Reutilización de los productos recuperados.- Entre los sub-productos que se recuperan de los desechos de los incineradores, se encuentran las latas de estaño que tienen baño de cobre, las cuales se están empleando en la extracción del cobre de las minas.

También se obtienen lingotes cuya composición es de alrededor de 70% de aluminio, 30% de otros metales no ferrosos e impurezas, -- los cuales pueden emplearse como fuente de aluminio en la industria de este metal.

3.- Otros sistemas para recolección de recipientes.

En los Estados Unidos de han desarrollado algunos sistemas para recolectar recipientes metálicos separadamente del resto de los desechos urbanos y reutilizarlos como fuentes de materia prima de -- las fábricas de metales.

a).- Latas de acero.- Desde 1971 siete compañías productoras de acero iniciaron un programa para recuperar y reprocesar recipientes hechos con este metal, mediante cerca de 250 estaciones de recolección en 39 ciudades del país.

En este programa se aceptan latas de acero libre de estaño, -- así como latas de acero con orillas de aluminio y latas de hojalata.

En los años siguientes ha continuado aumentando la recircula-

ción de latas de acero, lo cual confirmó un anuncio del Instituto Americano del Hierro y del Acero en 1972, en el que dijo que se estaban recuperando alrededor de 2.5 billones de latas anualmente.

Un factor que ha contribuido al incremento de la recirculación de latas de acero es el aumento de los mercados de chatarra para su recirculación o reutilización. Estos mercados incluyen la industria del acero, la cual funde las latas para producir nuevamente el metal. En las minas de cobre se emplea la chatarra en un proceso de lixiviación, mediante el cual se recupera alrededor de 15% del cobre producido en los Estados Unidos a partir de minerales de bajo grado. Las industrias de aleaciones de acero, las cuales emplean la chatarra para producir ingredientes para aceros especiales y para recubrimientos de hierro.

b).- Latas de aluminio.- La compañía Reynolds Metals, de Richmond, Va, comenzó a llevar a cabo desde 1971 un programa para recuperación de latas de este metal.

Este programa se efectúa mediante unidades móviles que se mueven a través de los estados en los cuales se lleva a cabo el programa.

Las unidades móviles son de dos clases: un remolque que contiene un separador magnético, un transportador eléctrico y un fragmentador, que se encuentra en un centro de recuperación de latas; y una pequeña unidad que no tiene fragmentador. Estas unidades visitan centros comerciales, expendios de bebidas y otros sitios para mostrar a la gente la conveniencia de devolver sus latas de aluminio.

Para 1972 se calculaba que por lo menos uno de cada 6 botes de

aluminio del total producido en Estados Unidos, se recirculaba mediante un sistema que consistía entonces de 1007 centros de recolección localizados en 39 estados.

Otro medio importante de reutilización de latas de aluminio, es como fuente de energía. Según un folleto de la Asociación del Aluminio, este metal puede recircularse con un 5% de la energía requerida para producir el metal virgen: por lo tanto, los materiales reciclables como el aluminio, constituyen una fuente de energía que puede canalizarse hacia nuevos productos con poco gasto de las fuentes naturales.

B.- Desechos industriales.- Dentro de esta clasificación se incluyen todos los desechos producidos en las industrias, ya sean extractivas o de transformación. La reutilización de estos desechos es una cuestión muy importante, ya que debido a su cantidad y a su composición química, pueden llegar a constituir un problema muy grave de contaminación ambiental.

1.- Desperdicios de minas.

a).- Desechos de minas de carbón.- Un consultor de la Universidad de Oxford Inglaterra, D.L. Levi desarrolló un proceso para recuperar aluminio a partir de desechos de minas de carbón.

Este proceso, aún sin ser revelado, empieza por la reducción de esquistos de hornos de cobre (mezcla de aluminio, sílice, óxidos de hierro y potasio) con carbón para formar una aleación de aluminio ferrosilicato; éstos reaccionan con cloruro de aluminio para formar el subcloruro correspondiente ($AlCl$), que al descomponerse produce-

aluminio puro y cloruro de aluminio que se recircula.

La clave para la economía de este proceso puede ser la recuperación de hierro y potasio como subproductos de los desechos, lo cual según Levi es factible.

b).- Desechos de minas de oro.- En un estudio realizado por el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Stanford bajo Contrato de la Oficina de Minas de los Estados Unidos, se demostró que es posible técnica y económicamente producir ladrillos de silicato de calcio a partir de los desechos de las minas de oro de California. Un reporte preliminar indicó que estos ladrillos pueden producirse a partir de los desechos y venderse en los mercados locales a precios que van entre 8 y 21 dólares por millar, precio que es menor que de los ladrillos de arcilla.

c).- Desechos de minas de hierro.- Un proceso desarrollado por la Oficina de Minas convierte minerales de taconita no magnética (material de desecho que se produce por la extracción de minerales de taconita magnética) al estado magnético mediante un proceso de reducción-tostación, empleando chatarra de hierro de bajo grado. Tanto en la chatarra como en los minerales, el hierro se convierte en óxidos de hierro de gran intensidad magnética.

2.- Desperdicios de fábricas.-

a).- Desechos de plantas metalúrgicas.-

1).- Un proceso desarrollado en Japón conjuntamente por la Fuji Electric Co. y la Chiba Prefecture, permite el tratamiento de los lodos producidos en plantas metalúrgicas, así como también recuperar

metales o secar parcialmente los lodos para facilitar su disposición.

El sistema se basa en el hecho de que el enfriamiento y la subsecuente fundición de los lodos causa que se dividan en una fase sólida y en una líquida, por lo cual pueden separarse fácilmente. El equipo consiste en un tanque para enfriamientos y fundición y en una combinación de secadores de transportadores de tornillos y centrifugas para separación de sólidos y líquidos.

Según la Fuji Electric, una unidad de este tipo con capacidad de 1 Ton. métrica por día costaría alrededor de 10,000 dólares.

2).- El Profesor de Ingeniería Química de la Universidad de Wisconsin, Thomas Chapman, desarrolló un proceso de recuperación de mercurio que puede tratar desechos sólidos, así como también desechos líquidos y gaseosos que contienen dicho metal.

El mercurio contenido en la alimentación se convierte al cloruro mercúrico (Hg Cl_2), se pone en contacto con una fase de xileno que contiene triisocetilamina. El Hg Cl_2 reacciona con la amina entrando así a la fase de xileno.

Después esta fase se separa de resto del sistema y se pone en contacto con una sal no ácida en solución, la cual regresa el mercurio a una fase acuosa. La repetición sucesiva de estos pasos concentra el mercurio hasta un punto en que puede recuperarse electrolíticamente, mientras que reduce la concentración de mercurio de los desperdicios alimentados a 0.01 ppm.

3).- La Komerak Greaves & Co. de Rosemont, Ill., desde 1967 desarrolló un proceso para la planta de la Chevrolet en Towanda, N.Y.,

que utiliza partículas de desecho tales como incrustaciones de molinos y cenizas de chimeneas de una fundición de hierro gris, para fabricar aglomerados en caliente que se pueden volver a alimentar a los hornos para producir nuevamente hierro (fig 3.4).

El proceso funciona como sigue: las partículas de desecho se cubren con aceite, el cual provee el combustible suficiente para calentarlos a la temperatura requerida para el aglomerado, El horno se mantiene a una temperatura entre 1500° y 2000°F (815.6° y 1093°C).

Después de calentado, el material se envía a la máquina aglomerante, la cual produce más de 40 Ton/hr. de aglomerados con forma de cojinetes, que pesan alrededor de 3 lb cada uno (1.36 kg).

Dependiendo del material que se esté aglomerando, deberá calentarse desde 100° a 1800°F (38° a 982°C), antes de alimentarse a la máquina aglomerante.

La alimentación entrante se revuelve con aglomerados terminados para conservar el calor. La mezcla se tamiza para quitar los aglomerados, los cuales están listos para un procesado adicional.

La alimentación precalentada se carga a aparatos de calentamiento de diversas clases, que calientan el material a la temperatura requerida para el aglomerado en caliente.

El material precalentado se deja caer libremente y se lleva a la máquina aglomerante mediante un tornillo sin fin de alimentación. Existe el problema de que el material caliente llegue a hacerse semifluido o a unirse bajo la presión de los rodillos.

El alimentador mide con exactitud el material y al mismo tiem

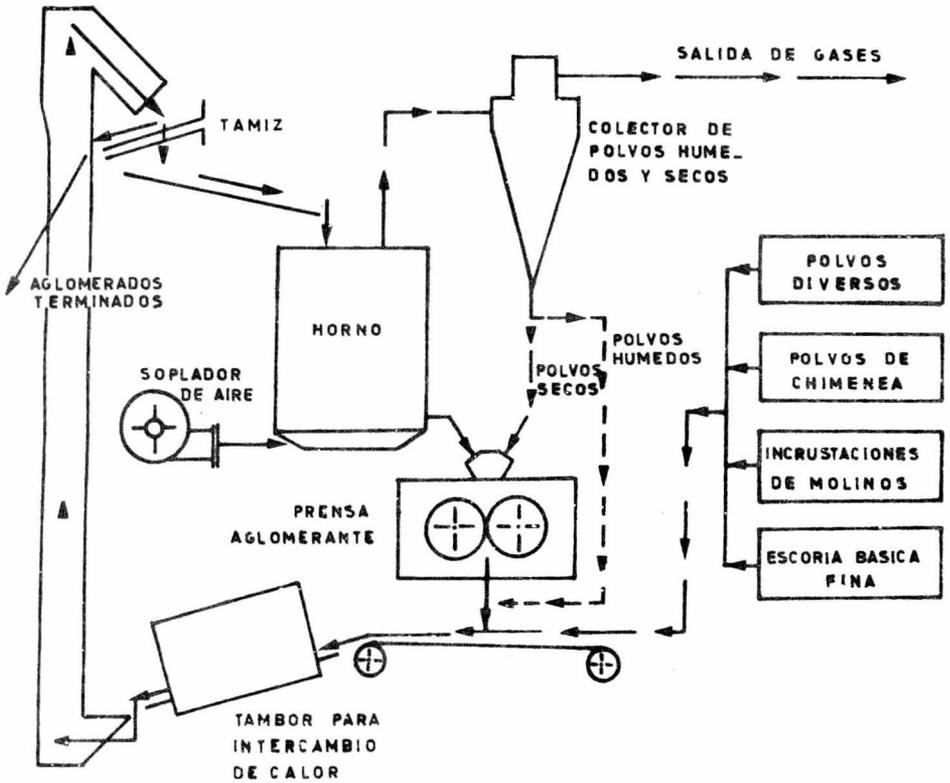


FIGURA 3.4 : DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE FABRICACION DE AGLOMERADOS EN CALIENTE

po lo fuerza a pasar entre los rodillos, permitiendo una presión de compactación más alta y un producto más uniforme.

Los aglomerados se forman cuando el material es forzado entre las dentaduras de los dos rodillos que giran en direcciones contrarias.

Los aglomerados terminados pueden tener forma de cojines, ovoidales, esferoidales, forma de lágrima, barras, o pueden ser producidos en formas de láminas planas, corrugadas, con nudos o con hoyos. Si se desea obtener producto granulado, las placas pueden ser fragmentadas y cribadas, y las partículas finas se vuelven a pasar a los rodillos.

La clave de la operación es obviamente la máquina aglomerante. Durante el transcurso de los años se han realizado mejoras sustanciales en las unidades de rodillo; que incluyen reemplazamiento de resortes por sistemas hidráulicos en los sistemas de presión de los rodillos, agua de enfriamiento para los rodillos, ejes, soportes y alimentador.

Sin embargo, los dos adelantos más importantes que han permitido el empleo del aglomerado caliente bajo condiciones severas como son, temperaturas de alrededor de 1800°F (982°C) y presiones mayores de 50 ton/pulgada cuadrada (7.7 Ton/cm cuadrado), han sido el empleo de aleaciones muy durables para los rodillos, y lo más importante, diseño de rodillos segmentados.

El proceso trabaja a alta velocidad y se emplean aleaciones de acero extremadamente duras para la maquinaria y la herramienta.-

El diseño segmentado permite un reemplazo económico de las secciones de los rodillos dañadas o gastadas.

Entre las ventajas del empleo de este proceso para tratar materiales de desecho para una reutilización posterior, está en primer lugar la reducción del volumen del material aglomerado con respecto al volumen del material sin aglomerar. También puede mencionarse la eliminación de polvos, la facilidad para el transporte y el almacenamiento debido a que se reduce la segregación de materiales.

Los costos directos e indirectos combinados pueden variar de unos pocos centavos hasta algunos dólares por tonelada. Los costos indirectos están influidos por la presión requerida y por la abrasividad del material que se aglomera, dado que el reemplazamiento de los rodillos pueden constituir una carga mayor. Además, a mayor presión de aglomerado se requiere mayor potencia.

El deterioro de los rodillos depende del espesor y del tamaño del producto final, es inversamente proporcional al espesor y directamente proporcional al tamaño. Por último, la forma del aglomerado también representa un factor importante de costo.

4).- Desechos de fábricas de aluminio.- El "lodo rojo" a pesar de ser una mezcla de desperdicios sólidos y líquidos, en el proceso que se describe a continuación se reutilizan los desechos sólidos y son los que presentaban un problema de contaminación, ya que al bombear las corrientes de los desechos a las lagunas, los desperdicios sólidos se depositaban en los fondos, mientras que el líquido sobrenadante se ha recirculado a las refineries desde tiempo atrás.

El lodo rojo es el desperdicio que se produce en mayor cantidad en la industria del aluminio. Es una especie de sedimento que está constituida por una mezcla de óxidos de hierro (30 a 60%), dióxido de titanio, sílice, sosa cáustica y varias otras impurezas que quedan después de que se ha extraído alúmina de la bauxita mediante lixiviación a presión y con sosa cáustica. Se produce alrededor de una tonelada de lodo rojo por cada tonelada de alumina.

El proceso desarrollado por la McDowell Wellman Engineering Co., utiliza lodo rojo para producir hierro y acero. En 1971 empezó a funcionar en Cleveland Ohio, una planta piloto con capacidad de -- 10 Ton/día que emplea este proceso (Fig. 3.5).

Como primer paso del proceso, el lodo rojo se seca en un circuito secundario que trabaja entre 400° y 800°F (240° y 427°C) y utiliza el calor suministrado por los gases producidos en un enrejado -- movible. Este lodo seco se mezcla con pastas de lodo húmedo y con -- carbón molido u otro combustible carbonoso disponible y se alimenta a un disco aglomerador, donde se forman bolas de 3/8 de pulgada de -- diámetro aproximadamente (0.94 cm.), las cuales se alimentan a una -- máquina con enrejado móvil.

Las bolas "verdes" se cargan al circuito de apilado y pre-reducción del enrejado móvil, y se rocía la parte superior con una -- capa de piedra caliza, como pueden ser conchas de ostiones. Esta capa se quema después usando corriente descendente de gas de combus-- tión caliente. La calcinación de la caliza se lleva a cabo a tempera-- turas alrededor de 2500°F (1260°C). El monóxido de carbono formado-

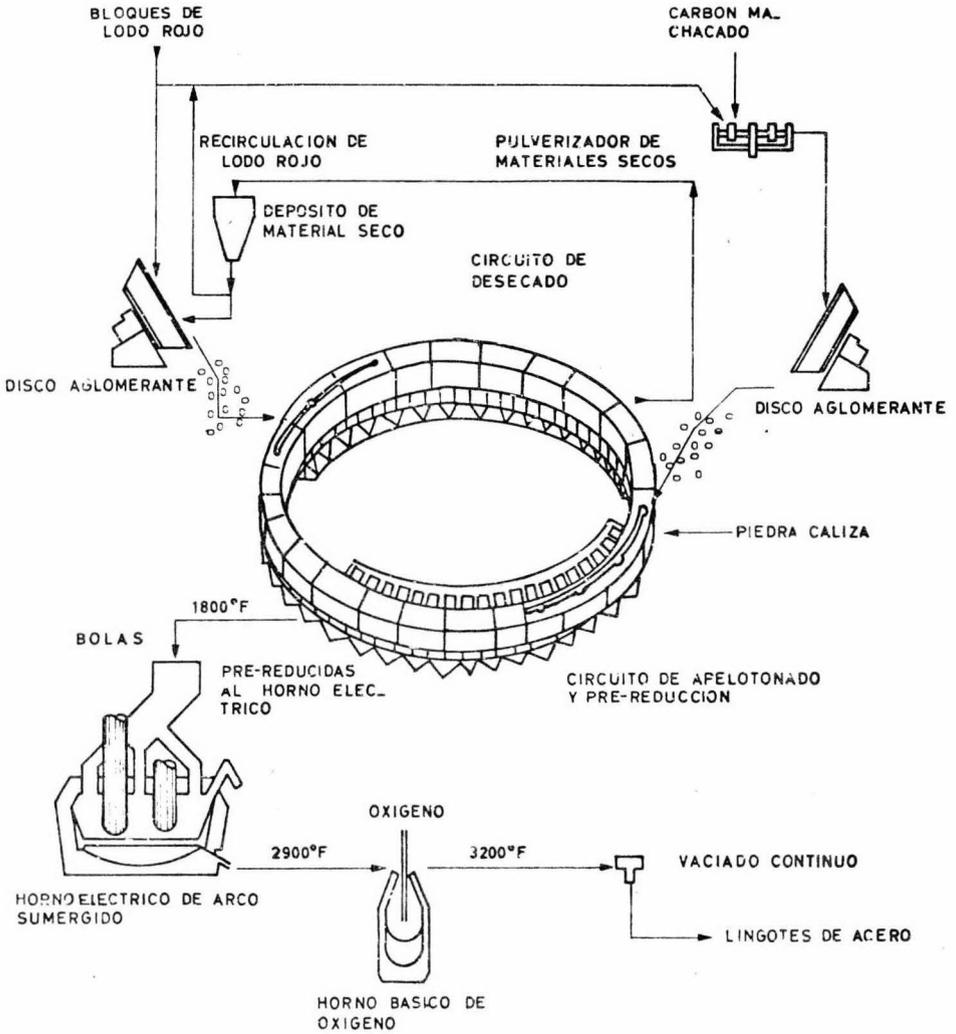


FIGURA No 3.5 : DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DE ACERO A PARTIR DE LODO ROJO.

por la combustión parcial del carbón contenido, forma dióxido de carbono con el oxígeno de los óxidos de hierro del lodo rojo, y se efectúa una pre-reducción de las bolas verdes las cuales se hacen más pequeñas. En esta etapa el material ha perdido de 60 a 70% de su contenido de oxígeno, teniéndose alrededor del 20% de hierro elemental.

Las pelotas que salen del enrejado circular móvil a temperaturas alrededor de 1800°F (982°C), se pasan por medio de cajones -- aislados de hierro fundido a una tolva que las alimenta a un horno eléctrico de arco sumergido. El horno de la planta piloto mide 5 -- pies de diámetro (1.52 m.) y está equipado con tres electrodos de 10 pulgadas de diámetro (25.4 cm.), opera a 500 kw/hr. La fundición se lleva a cabo a alrededor de 2900°F (1593°C), obteniéndose una -- producción de hierro entre 98 y 99%.

La refinación y fabricación de acero se efectúa en un horno básico de oxígeno que en el caso de la planta piloto maneja 400 lb de cargas (181.6 kg.). De acuerdo a las condiciones de operación de la planta piloto, los requerimientos de materias primas y energía -- por tonelada de hierro producido, se encuentran en el rango de 5 a 8 ton. de lodo rojo, 0.4 a 0.6 ton. de carbón, 0.5 a 0.7 ton. de piedra caliza y 1,000 a 1,200 kw/hr.

Según la compañía, una planta con capacidad de 500 a 600 -- ton./día, empleando lodo rojo como alimentación, podría fábricar acero a precios competitivos con el acero producido en altos hornos. -- La inversión de capital excluyendo gastos auxiliares tales como descarga de barcos y almacenamiento de mineral, sería entre 20 y 30 --

millones de dólares.

5).- Utilización de cenizas de zinc.- Este proceso fué desarrollado por la compañía Pacific Smelting, que lo está empleando en su planta de Torrance, Calif. El proceso incorpora un nuevo tratamiento al cloruro de zinc, el cual viene a reducir un gran problema de las plantas metalúrgicas que es el amontonamiento de este compuesto en los filtros de las casas de sacos. (figura 3.6).

Las cenizas de zinc se forman en las plantas de galvanizado -- cuando el zinc metálico se oxida y flota sobre la superficie del metal fundido sobre los baños de zinc. Las cenizas contienen enteramente partículas de zinc metálico, y frecuentemente es contaminado con gránulos de cloruros perniciosos, compuestos principalmente de cloruro de amonio y otros cloruros utilizados en el galvanizado. El tratamiento de las cenizas incluye tres operaciones básicas; molienda y separación metálica de zinc y óxido de zinc (incluyendo separación de desperdicios), recuperación del zinc metálico y tratamiento del óxido de zinc crudo. En el paso del tratamiento del óxido de zinc, un reactor de neutralización se ha agregado para hacer reaccionar carbonato de sodio con el cloruro de zinc, para obtener cloruro de sodio y carbonato de zinc. Posteriormente el carbonato de zinc es calcina para producir óxido de zinc, el cual no tiene la naturaleza hidrofílica -- del cloruro de zinc de la casa de humos.

La separación de cenizas principia por selección manual y después se alimenta al equipo de procesado de minerales, se introduce -- agua cuando la alimentación va entrando el molino de bolas; la molien

• TRATAMIENTO DE OXIDO DE ZINC CRUDO

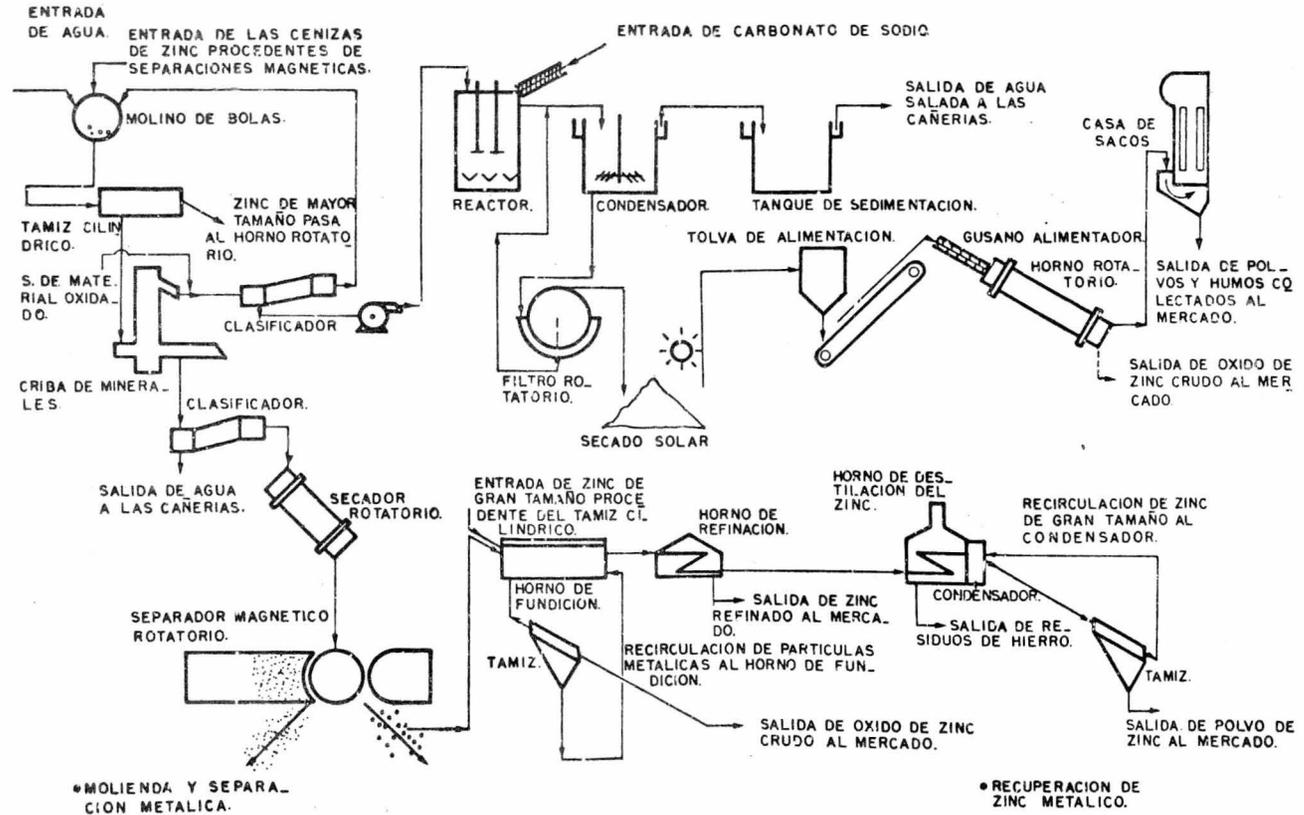


FIGURA No 3.6: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA RECUPERACION DE ZINC A PARTIR DE CENIZAS DE ESE METAL.

da separa el zinc metálico del óxido de zinc y de otros materiales.

La pulpa formada en este molino se descarga a través de un tamiz cilíndrico de dos mallas a una criba de minerales que separa las partículas de zinc metálico de los materiales oxidados y compuestos intermedios (estos compuestos intermedios consisten en pequeñas masas esponjosas de zinc metálico con pequeñas cantidades de cloruro de zinc contenidas en los intersticios). Después se remueve la mayor parte del agua conforme las corrientes pasan a través de clasificadores. El zinc metálico se lleva a un sistema de recuperación y el óxido se bombea a la planta de tratamiento de óxido de zinc crudo.

Tratamiento de óxido de zinc.- El cloruro de zinc tiende a arrastrar humedad de los gases del proceso aún cuando se encuentren a temperaturas superiores al punto de rocío (alrededor de 212°F ó 100°C), en consecuencia, las bolsas frecuentemente se ponen tardaras como chimeneas, con muy poca permeabilidad; entonces tienen que ser reemplazadas o lavadas, lo cual es muy difícil y costoso.

Con el sistema de reacción, el cloruro de zinc se ha reducido a 1/3 de la cantidad que se tenían antes de emplear el reactor.

El reactor tiene sumergido un calentador que mantiene la temperatura a 180°F (82°F). Se añade carbonato de sodio para mantener un pH de 9.5. La pulpa caliente se pasa a un condensador de 16 pies de diámetro por 6 pies de profundidad (4.9 por 1.83 m). Los efluentes de cloruro de sodio limpio se descargan a un drenaje después de pasar a través de un tanque de sedimentación para remover partículas.

La pulpa gruesa pasa un filtro rotatorio de fibra de vidrio - de 3 pies de diámetro por 4 pies de largo (91.4 x 122 cm.). El filtrado se regresa al condensador, mientras que los sólidos se lavan - con agua, se acumulan y se someten a evaporación solar; ésto reduce la humedad y la corrosión en el equipo de corrientes de salida.

Ultimamente los sólidos se alimentan a un horno rotatorio con aislamiento de ladrillos, sus dimensiones son 6 pies de diámetro y - 60 pies de longitud (1.83 y 18.3 m.), emplea gas natural como combustible. Aunque el horno opera a 1500°F (816°C), la temperatura de las corrientes que van a la casa de sacos se mantiene constante a 250°F (121°C), justamente arriba del punto de rocío del gas, pero abajo de la temperatura a la cual se dañan las bolsas de dacrón, que es 280°F (138°C). Manteniendo la temperatura de la casa de sacos a 250°F también se evita la acción desecante de los cloruros en los gases de - entrada.

El horno sirve tanto como secador y calcinador. El carbonato y el hidróxido de zinc se convierten a óxido, mientras que el cloruro de zinc es expulsado, dejando un óxido de zinc crudo de color limón que contiene aproximadamente 67% de zinc (el óxido de zinc puro contiene alrededor de 80% de zinc).

Un problema interesante relacionado con la operación de la casa de sacos es el carbón contenido en la alimentación. Si las temperaturas son lo suficientemente altas para producir una calcinación - intensa, el carbón se oxida a monóxido de carbono, pudiendo producirse la reducción del zinc, obteniéndose enormes cantidades de vapor - de zinc que pueden amontonarse en la casa de sacos. Este amontona-

miento puede ser muy peligroso, ya que los sacos no se limpian por agitación. Esta es una razón muy importante para operar el horno a 1500°F (815.6°C) como máximo para minimizar la formación de monóxido de carbono.

Recuperación de zinc metálico.- El zinc seco procedente del tamiz cilíndrico se carga directamente a un horno de fundición.

Las espumas se tamizan para recuperar el metal, el cual se regresa al horno.

El metal fundido se transfiere a un horno de refinación que opera a 850°F (454°C). A esta temperatura el hierro es soluble únicamente en la proporción de 0.02%. Cualquier cantidad de hierro presente en este punto forma un eutectoide, el cual siendo más pesado que el zinc, se deposita en el fondo del horno de refinación y puede ser removido manualmente.

El zinc procedente del horno de refinación es desprendido -- del tope del baño de fundición y luego moldeado en planchas, o puede ser enfriado bruscamente, cribado y venderse como polvo de zinc.

6).- Reutilización de chatarra de bandas bimetálicas.- Uno de los procesos desarrollados recientemente en Inglaterra consiste en la reutilización de bandas metálicas de acero y bronce, de desecho. Estos cuerpos se utilizan en la fabricación de chumaceras para automóviles; y se considera que en todo el mundo se producen anualmente 100,000 ton. de esta clase de chatarra.

Este proceso fue desarrollado por la empresa fabricante de chumaceras Vandervell Products. Lts., de Maidenhead, Inglaterra; -- consiste en la separación y reutilización de los metales que consti

tuyen las bandas, y tienen también implicaciones para los mercados de cobre, estaño y plomo.

La técnica consiste en poner la chatarra bimetálica en una jaula de metal refractario, la cual se sumerge en un baño de plomo fundido saturado con cobre y que se calienta alrededor de 1000°C.- La necesidad de utilizar una jaula se debe a que la chatarra siendo más ligera que el plomo flotaría antes de ser sumergida. El plomo disuelve el cobre y estaño que constituyen el bronce, pero el acero prácticamente no sufre alteración debido a que es insoluble en el plomo a esa temperatura. Cuando se retira la jaula después de un determinado tiempo, únicamente queda en ella el acero, cuya pureza es alrededor de 98% y tiene un valor alrededor de 25 dólares por tonelada.

Para recuperar el cobre, el baño se enfría a la temperatura monoeutéctica, que es aproximadamente 950°C, a esa temperatura estos dos metales son poco solubles entre sí, por lo cual el cobre flota en la superficie. La fase de cobre producida contiene aproximadamente 35% de plomo y 1.5% de estaño (alrededor del 95% de estaño presente en el bronce se va hacia la película de cobre).

Este material rico en cobre puede recircularse para la fabricación de chunaceras después de que se ha ajustado el contenido de plomo y estaño, que son aproximadamente 25 y 1.5% respectivamente, para las necesidades de dicha fabricación.

Por otra parte, el metal recuperado puede venderse directamente como chatarra con un valor aproximado de 1000 dólares por tonelada.

La compañía que inventó el proceso estima que es económicamente factible de ser desarrollado en escala industrial, ya que los costos de operación, incluyendo mano de obra, gastos del proceso y mantenimiento, serían inferiores a 20 dólares por tonelada de chatarra alimentada.

b).- Desecho de otras industrias.- En este punto se incluyen desechos de refinerías de petróleo, de plantas de ácido sulfúrico y de plantas termoeléctricas.

1).- Desechos de refinería de petróleo.- En 1971 un estudio hecho por los laboratorios Warren Spring, de Harts, Inglaterra, demostró que es económicamente posible utilizar los catalizadores gastados que se emplean en las unidades de hidrosulfuración como materia prima para producir molibdeno para la industria del acero.

Estos catalizadores están constituidos por óxidos de cobalto o níquel y por óxidos de molibdeno, sobre una base de alúmina. Su contenido en níquel es de aproximadamente 3% y el de molibdeno alrededor de 5%. Los precios en Inglaterra en 1971 eran aproximadamente 3000 dólares por tonelada métrica para el óxido de molibdeno.

En el proceso, el catalizador se tritura previamente en un molino, para pasar después a un tanque revestido de hule, con agitación y con un serpentín de vapor, para un proceso de lixiviación -- con una solución diluida y caliente de carbonato de sodio. Esta operación disuelve el molibdeno para formar molibdato de sodio, mientras que la alúmina sólo es atacada ligeramente.

El líquido resultante se filtra en un filtro cilíndrico rota

torio. El aluminato de sodio se remueve agregando ácido clorhídrico para bajar el pH a 7, con lo cual se precipita el hidróxido de aluminio, que se separa por sedimentación y decantación.

El licor remanente contiene molibdeno que se recupera añadiendo una solución de cloruro de calcio, con la cual se precipita el molibdato de calcio, que después se filtra, se seca y se empaca para la venta a la industria del acero donde se emplea como fuente de molibdeno para producir aleaciones.

Según los datos de diseño obtenidos por los laboratorios, una planta para procesar 250 toneladas métricas por año, que obtuvieran 33 toneladas métricas de molibdato de calcio, tendría un costo aproximado de 57,600 dólares (1971).

2).- Desechos de fábricas de ácido sulfúrico.- Durante años, la Pyrites Co. de Wilmington, Del. E.U.A., ha usado métodos tradicionales de precipitación y recuperación para aprovechar el cobalto contenido en los sólidos que sobran después de la tostación de minerales de cobre para producir ácido sulfúrico; pero durante los últimos años dicha firma ha cambiado a una técnica de extracción por solvente de 13 etapas para recuperar el cobalto.

Según un técnico de la compañía, los costos de producción para la extracción son los mismos que para la precipitación, cuando se tiene una concentración de cobalto de 10 gr/lt., debido a que con la extracción se reducen considerablemente las pérdidas de cobalto.

El solvente que se emplea en el proceso es la sal de sodio del ácido di (2-etil-exil) fosfórico. La alimentación, que contiene

enormes cantidades de zinc y otras más pequeñas de otros metales, pasa a través de 5 etapas de extracción. La capa orgánica se limpia en 3 etapas con ácido sulfúrico para recuperar el cobalto. El cobre, el zinc y el manganeso se separan en 2 etapas subsecuentes con un licor de ácido sulfúrico.

Mediante un tratamiento con sosa cáustica y azúcar, el ácido- empleado como solvente se vuelve a convertir a su forma de sal de sodio, la cual, libre de hierro y de iones hidrógeno se recircula. La compañía dice que esta técnica puede usarse para refinar soluciones de sulfatos metálicos.

3).- Utilización de cenizas.- Las cenizas producidas en la combustión del carbón empleado para generar energía en las plantas termoeléctricas, constituyen un desecho al cual se le han encontrado desde hace varios años un gran número de aplicaciones; en particular a las cenizas ligeras.

Las cenizas ligeras están formadas por materia mineral que queda sin quemarse en la combustión del carbono, y aproximadamente el 85% de la mayor parte de estas cenizas consisten en cantidades variables de alúmina, sílice, óxidos de hierro, cal y magnesio, que constituyen un material fácilmente pulverizable.

Debido a las características mencionadas, las cenizas ligeras se emplean como el primer constituyente y aditivo para materiales de construcción.

Los fabricantes de concreto han encontrado que lo hace más fuerte y menos vulnerable a las temperaturas bajas. Cuando se emplean

en la fabricación de bloques de concreto, contribuyen a dar el producto una textura uniforme y unas esquinas más puntiagudas. Los ladrillos fabricados con cenizas ligeras son fuertes y ligeros.

Cuando se usan como material estabilizador debajo de las carreteras, el material añadido al suelo le proporciona una base dura y firme.

Las cenizas ligeras también pueden usarse como abrasivo, como acondicionador de suelos y como agente clarificador en plantas de tratamiento de agua.

Otra aplicación provechosa es la que hace la Consolidated Edison Co. of New York Inc., que desde 1963 construyó una planta para fabricar agregados ligeros para producir concreto de grado estructural. Esta manufactura consiste básicamente en incrustación de cenizas ligeras, que se venden como sustitutos de los agregados naturales de piedra y que debido a su bajo peso y a su resistencia, su empleo es económicamente ventajoso en la construcción de edificios altos.

Las estructuras de concreto como diques, presas, compuertas y cubiertas de reactores también pueden beneficiarse con el empleo de las cenizas ligeras.

La Oficina de Recuperación de E.U.A., al Cuerpo de Ingenieros del Gobierno de E.U.A., la Comisión de Plantas Hidroeléctricas de Ontario, Canadá y las autoridades de Tennessee Valley, emplean las cenizas ligeras como un reemplazamiento parcial del cemento Portland, así como también para reemplazar los agregados. Desde 1948 se han empleado cerca de 30,000.000 de toneladas de cenizas ligeras en la unión de

depósitos de aceite.

Con el objeto de utilizar las cenizas ligeras como materia prima para fabricar ladrillos, se construyó en 1967 una planta en la ciudad de Morgantown, W. Va., trabajando en cooperación la Oficina de -- Investigación del Carbón del Departamento del Interior de E.U.A. y la Universidad de West Virginia.

Los ladrillos que se fabrican en esa planta, están hechos totalmente de cenizas (74% de cenizas ligeras, 23% de cenizas pesadas y 3% de silicato de sodio que se emplea como material empastador), lo cual significa que la planta de ladrillos puede usar casi la proporción exacta de muchas plantas de energía (80% de cenizas ligeras y -- 20% de cenizas pesadas).

Las pruebas que se han hecho con estos ladrillos muestran que en ocasiones son más fuertes que los "Ladrillos Grises Superiores" -- (Un producto hecho básicamente de barro con la clasificación superior de la A.S.T.M.), y un 30% más ligeros que los ladrillos ordinarios.

El principal distintivo de proceso es una formulación óptima -- de las materias primas que permite la formación de los ladrillos a bajas presiones a partir de una mezcla de alta viscosidad.

Por ejemplo, el tamaño y la cantidad de cenizas pesadas se regulan minuciosamente, de tal forma que el ladrillo pueda permitir fácilmente la salida del agua sin que se produzcan fisuras.

La planta se inició con una capacidad de 1000 ó 2000 ladrillos por día, limitada únicamente por la salida de sus hornos.

Proceso.- El diagrama de flujo se muestra en la figura 3.7 y --

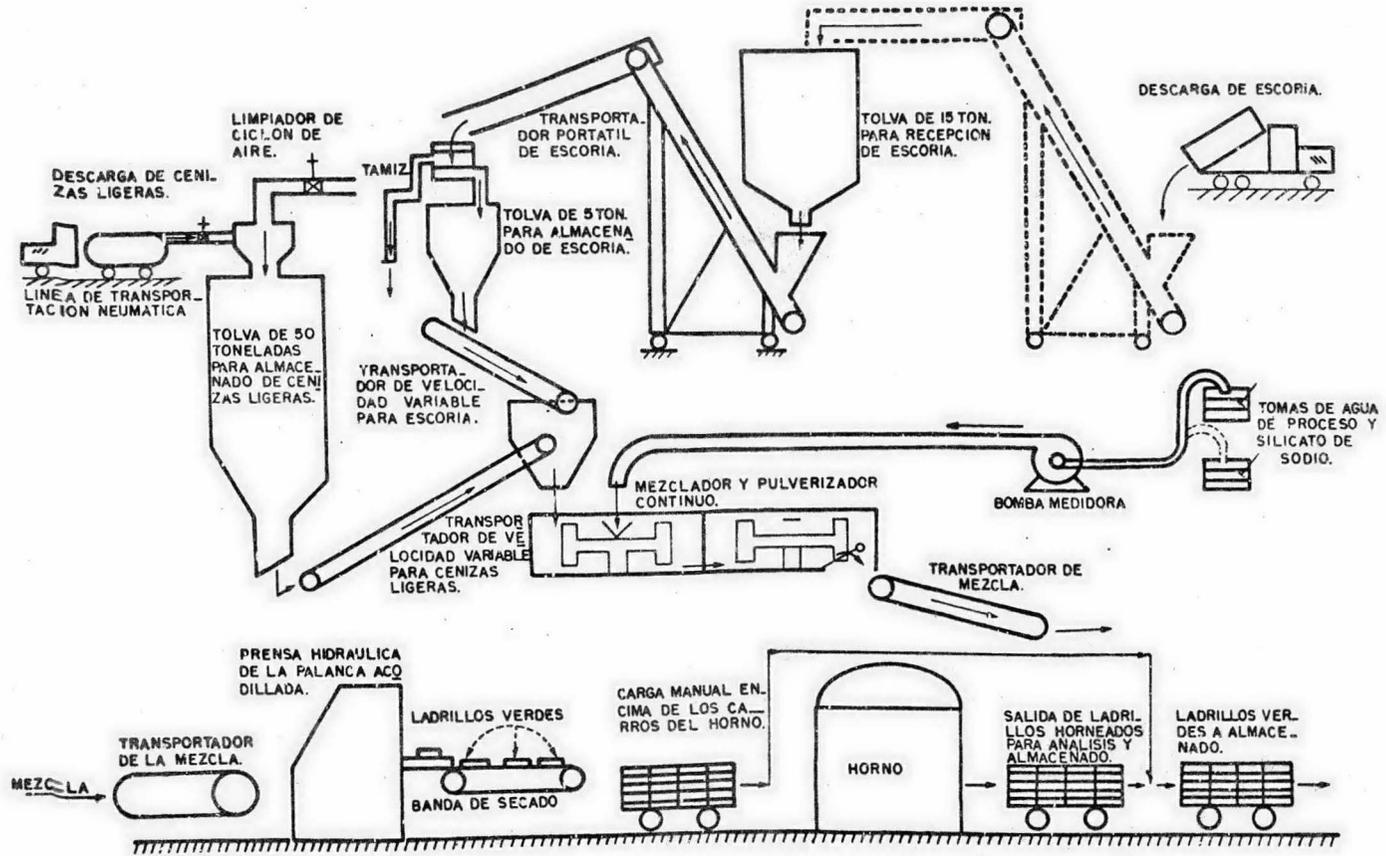


FIGURA No. 3.7: DIAGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACION DE LADRILLOS A PARTIR DE CENIZAS.

se efectúa como sigue: las cenizas ligeras entran a una tolva de almacenamiento de 50 toneladas por una línea de transporte neumático - de 5 pulgadas de diámetro (12.7 cm.).

La escoria gruesa de las cenizas ligeras también entra la tolva, pero el tamaño las partículas se regulan haciéndolas pasar a través de un tamiz a razón de 4 ton/hr. Las partículas mayores rechazadas se descargan o se recirculan a través de un molino secundario -- (no aparece en el diagrama) para regresar a la tolva de entrada.

Las cenizas ligeras, la escoria, el silicato de sodio y agua se mezclan en un mezclador-pulverizador continuo con capacidad entre 4 y 13 ton/hr.

Durante el mezclado, el silicato de sodio comienza a formar un enlace químico con la sílice contenida en las cenizas ligeras.

La mezcla se conduce rápidamente a una prensa hidráulica de palanca acodillada.

La unidad puede girar a razón de 20 golpes por minuto y producir ladrillos de núcleo (ladrillos hechos más ligeros por tener hoyos en la estructura), bloques y otros modelos por medio de simples cambios en el molde. Los ladrillos de núcleo se forman a razón de 32 a 40/min.

Los ladrillos presionados verdes son quemados en 2 hornos de gas, con capacidad de 500 ladrillos cada uno. El ciclo de horneado varía dependiendo de las materias primas usadas. Para cenizas de -- carbonos bituminosos por ejemplo, los ladrillos se calientan a 250°F (121°C), durante una o dos horas para eliminar los contaminantes.-

Luego se vaporiza el contenido de carbón de los ladrillos elevando - la temperatura a razón de 200°F/hr., (91°C/hr) y sosteniendo el ciclo de 1000 °F (538°C) por un período que varía entre 2 y 5 horas.

Un calentamiento posterior a razón de 175°F/hr (79°C/hr), se sigue hasta que la temperatura alcanza 2000°F (1093°C). El final de este ciclo lo señala la deformación de un pirómetro de cono escogido.

Los cambios que tienen lugar durante el horneado son más físicos que químicos.

A medida que aumenta la temperatura de los ladrillos, el silicato de sodio empastador, eventualmente llega a hacerse un líquido - viscoso, y al final del ciclo de horneado, cerca de 2000°F (1093°C), los componentes minerales de las cenizas ligeras son sometidos a vitrificación.

Los ladrillos resultantes son de apariencia atractiva y se dice que cumplen con las especificaciones de la A. S.T.M.

Para el costo de la planta, la Oficina de Investigaciones del Carbón de la Universidad de West Virginia, da la cantidad de 635,000 dólares para una planta de 500,000 ladrillos por semana, teniendo en cuenta que para el horno de túnel, la inversión de capital asciende a 1.1 millones de dólares.

El equipo de la investigación de la Universidad y la Oficina de Investigación del Carbón, creen que los ladrillos de cenizas ligeras tendrán ventajas en calidad y precio sobre los ladrillos de barrro. En un estudio presentado en el primer simposio sobre cenizas ligeras (1967), J.W. Leonard director de la Oficina de Investigación-

del Carbón, presentó unos costos de producción de 22 dólares por -- 1000 ladrillos. Para la planta de West Virginia, ésto significaría un retorno anual neto sobre las ventas de más del 29% y la planta se pagaría en menos de 11 meses.

Posteriormente se han encontrado aplicaciones a las cenizas ligeras en la agricultura; para corregir las deficiencias de boro, potasio, molibdeno y zinc en el crecimiento de las plantas, y para aumentar la producción del campo.

Se utilizan en el tratamiento de agua debido a las siguientes características capacidad de absorción de la materia orgánica -- debido al contenido de carbón residual en el agua, contenido de extractos acuosos de cal y yeso que precipita el fósforo de la materia inorgánica y neutralizan la acidez, acondicionan los lodos residuales ayudando para filtrarlos al vacío, y por su rápida sedimentación en el agua.

Debido a la facilidad de sedimentación en el agua de las cenizas ligeras, podrían usarse para impedir la eutroficación de los lagos, fenómeno que se ha producido en el lago Erie, que consiste en que el fósforo contenido en los fosfatos procedentes de los detergentes sintéticos inicia un ciclo letal en las aguas estancadas. -- Primeramente los fosfatos favorecen el crecimiento vigoroso de la vida acuática. Posteriormente, al morir los organismos, los fosfatos se depositan con ellos en el fondo, donde son liberados por descomposición anaeróbica y regresan a la superficie. El ciclo está entonces completo, mientras tanto el fósforo continúa aumentando,



amontonando cargas de materias orgánicas en el fondo.

M.W. Tenney y W.F. Echelberger, Jr., del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Norte Dame, han sugerido que basta con cubrir los hechos lacustres con cenizas ligeras para resolver este problema.

En un experimento llevado a cabo en Stone Lake (Cassópolis, - Mich), se introdujeron tuberías de diámetros mayores de 3 pies - - - (91.4 cm.) desde la superficie hasta el lecho del lago para aislar - las áreas de prueba. En los análisis posteriores no se detectaron -- nuevas emanaciones de contaminantes hacia la superficie.

Un material compuesto por cal, cenizas ligeras y sedimentos - de sulfatos o sulfitos se utilizó en 1972 para pavimentar los cami-- nos de acceso al aeropuerto de Washington, D.C., así como las áreas- de estacionamiento del mismo. Así mismo, un agregado de cenizas lige- ras y cal se empleó para construir pistas de aterrizaje en los aero- puertos de Nueva York y Newark.

También se han empleado las cenizas ligeras para fabricar agre- gados tales como lodos de óxido de azufre, lodos ácidos de drenado - de minas y desechos de óxido de azufre de plantas químicas.

Se ha estado investigando el empleo de cenizas ligeras como - fertilizantes, para repoblar suelos dañados por desechos de minas de carbón, así como también como agente neutralizador y como diluyente, a costos estimados de 300 dólares/acre; para aumentar la capacidad - de retención de la humedad en suelos sujetos a un uso muy constante, tales como áreas de paseo, y en esta forma incrementar el crecimien- to de la hierba; y para determinar posibles factores nutrientes para

las plantas que estén contenidos en estas cenizas.

Se han investigado el empleo de cenizas ligeras para relleno sanitario y para relleno estructural en suelos de escaso drenaje de agua.

También se investiga el uso de cenizas ligeras para controlar la combustión instantánea de montones de desechos de minas, para lo cual se ha empleado una mezcla de 75% de dichos desechos y -- 25% de cenizas ligeras; también se investiga su empleo para extinguir incendios forestales.

Por otra parte también se han empleado cenizas pesadas y escoria de calderas, tal como se hizo en la construcción de una carretera en el estado de West Virginia, en la cual se emplearon estos - cuerpos para formar un agregado.

C A P I T U L O I V

REUTILIZACION DE PLASTICOS Y LLANTAS.

Estas dos clases de desechos se consideran en un mismo capítulo debido a que las llantas están fabricadas por materiales semejantes a los constituyentes de los plásticos.

A.- Reutilización de plástico.- Los plásticos constituyen la clase de desechos cuya reutilización ha sido encontrada menos factible, debido a que muchas de las técnicas investigadas para ese fin son económicamente improductivas, tal como sucede con los desechos urbanos, en los cuales las diferentes clases de plásticos están mezcladas entre sí y con el resto de la basura, motivo por el cual aumentan los costos de la reutilización, ya que se ven afectados por costos de recolección, transporte, clasificación del resto de la basura y por los diferentes tipos de plásticos, y por el costo de la limpieza de los diferentes plásticos que se encuentran contaminados, como sucede con los envases. En el caso de los desechos industriales no existe esta serie de dificultades, porque se tienen en la misma fábrica desecho de plástico los cuales pueden mezclarse fácilmente con la materia prima sin que se causen cambios al proceso o las propiedades del producto, ya que los desechos plásticos son del mismo tipo, grado y color de la materia prima que se está utilizando y además no están contaminados.

Sin embargo, se han investigado diferentes técnicas que --

permiten reutilizar los desechos plásticos, inclusive los desechos urbanos, ya sea por cambios de las propiedades físicas de los plásticos o por transformaciones químicas de los mismos.

1.- Reutilización por cambios físicos en los plásticos.- -- Dentro de estas técnicas de reutilización se incluyen el uso de -- compatibilizadores, calentamientos, inyección, moldeado, extruido- y densificación.

a).- Empleo de compatibilizador.- La compañía Dow Chemical-reportó en una conferencia de la Sociedad de Ingenieros en Plásticos, en los E.U.A., una técnica en la que se emplea polietileno -- clorado como compatibilizador para mezclas de desechos plásticos.- Esta técnica es importante debido a que las diferentes clases de - plásticos no se mezclan entre sí para formar aleaciones, como suce- de con las mezclas de poliestireno en polietileno o en cloruro de polivinilo, de las que resultan sistemas de dos fases con propie-- dades de menor calidad que de la de cada polímero por separado.

Si dos o más materiales sólidos son mutuamente insolubles, - podrían llegar a combinarse para producir algún material útil, si- se lograra que se adhieran. Los laminados y los agregados son mate- riales heterogéneos cuyas fases tienen algunas formas de atracción intermolecular, obteniéndose en esta forma la adhesión entre ellas. En el caso de los tres principales polímeros, polietileno, polies- tireno y cloruro de polivinilo; no tienen capacidad para formar -- puentes de hidrógeno y su polaridad es muy limitada, por lo tanto-

las fuerzas de Van Der Waals son muy pequeñas. Debido a estas limitaciones moleculares, estos polímeros tienen una adhesión muy baja y no forman laminados útiles si no es mediante un tratamiento especial o empleando compatibilizadores.

En el reporte mencionado se indica que el polietileno clorado tiene la propiedad de unirlos en un solo cuerpo. En la tabla -- 4.1, se indican las propiedades de una mezcla de desechos plásticos con polietileno clorado; se nota que la resistencia al impacto aumenta considerablemente, aún cuando no sucede así con la resistencia a la tensión. Esto es exactamente lo que pudiera esperarse del aumento de la adhesión en la interfase de una masa heterogénea.

La composición de la mezcla de desechos plásticos empleada para formar el aglomerado fue la siguiente:

Polietileno de baja densidad	44 % aproximadamente
Polietileno de alta densidad	19 % aproximadamente
Poliestireno	31 % aproximadamente
Cloruro de polivinilo, polipropileno y resinas de acrilonitrilobutadieno-estireno	6 % aproximadamente

En las tablas 4.2 y 4.3 se muestran algunos datos experimentales obtenidos con otros aglomerados formados con mezclas de polímeros y diferentes composiciones de compatibilizador. Pueden emplearse cantidades significantes de polietileno clorado y las propiedades del aglomerado resultante varían según la naturaleza de los-

TABLA 4.1

Propiedades físicas de mezclas de desechos de plásticos con diferentes cantidades de polietileno clorado (PEC) en muestras moldeadas por compresión.

	Elongación	Resistencia a la tensión		Resistencia al impacto	
	(%)	lb/pulg ²	kg/cm ²	pie: lb/pulg ²	joule/cm ²
100% de mezcla de desechos de plásticos.	11	1450	101.95	0	0
15% de PEC, 85% - de desechos de -- plástico.	11.7	1715	120.58	0.45	0.0945
17.5% de PEC, - 82.5% de mezcla - de desechos de -- plásticos	12.7	1690	118.82	0.54	0.1134
20 % de PEC, 80%- de mezcla de desechos de plástico.	15.7	1715	120.58	0.76	0.1596
22.5% de PEC 77.5% de mezcla de desechos de plástico.	17.7	1712	120.37	1.5	0.3150
25% de PEC, 75% de mezcla de desechos de plásti co	20	1600	112.50	1.6	0.3360
27.5% de PEC, -- 72.5% de mezcla de desechos de - plástico	22	1600	112.50	2.86	0.5943

TABLA 4.2

Propiedades físicas de la mezcla de desechos de plásticos con diferentes cantidades de polietileno clorado (PEC).

	Resistencia al impacto		100% de módulo	Elongación	Tensión máxima .	
	pie. lb/pulg ²	joule/cm ²		(%)	lb/pulg ²	kg/cm ²
Mezcla A	0	0	0	10	1960	137.81
Mezcla A						
con 15 % de PEC	0	0	0	15	1790	125.85
Mezcla A						
con 33 % de PEC	2.6	0.5460	0	50	1500	105.46
Mezcla A						
con 50 % de PEC	10.7	2.2470	925	415	964	67.78

Mezcla A:

Polietileno de baja densidad	25 %
Polietileno de alta densidad	25 %
Cloruro de polivinilo ,	25 %
Poliestireno	25 %

TABLA 4.3

Propiedades físicas de la mezcla B de desechos de plástico con diferentes cantidades de polietileno clorado (PEC).

	Resistencia al impacto		100% de Módulo	Elongación	Tensión máxima	
	pie. lb/pulg ²	joule/cm ²			lb/pulg ²	kg/cm ²
Mezcla B	0	0	0	60	1650	116.01
Mezcla B						
con 15 % de PEC	2.29	0.4809	0	98	1530	107.57
Mezcla B						
con 33 % de PEC	6.08	1.2768	0	115	1100	77.34
Mezcla B						
con 50 % de PEC	14.1	2.9610	862	278	940	66.09
Mezcla B:						
	Polietileno de baja densidad			50 %		
	Polietileno de alta densidad			25 %		
	Cloruro de polivinilo y poliestireno			12.5%		

desechos. Dentro de ciertos límites, las propiedades del producto-final pueden variar por la inclusión de cierta cantidad de plástico nuevo.

Entre las posibles aplicaciones de los productos obtenidos se encuentra láminas paletas, juguetes y otros objetos.

b).- Procesos de reutilización por calentamiento.- Estos procesos consisten en calentar los desechos plásticos, ya sea para fundirlos, hablandarlos o densificarlos, para después moldearlos o extruirlos.

1).- Proceso de la Sociedad MOX.- Esta sociedad de París desarrolló en 1971 un proceso para reutilizar desechos de plásticos y vidrio. El proceso puede manejar desechos de plásticos de varias clases, como son polietileno, poliestireno y cloruro de polivinilo, a pesar de la dificultad que tienen para combinarse entre sí.

En la técnica se separan previamente el plástico y el vidrio. El vidrio se quiebra en partículas de diámetro de alrededor de 1 milímetro; El plástico se desmenuza también a un tamaño semejante. -- Se mezclan los polvos, conteniendo la mezcla más de 20% de vidrio, que después se alimenta a un cilindro revolvedor calentado, semejante a un horno de cemento, donde la mezcla forma un aglomerado con otra mezcla de arena y grava fina que previamente se ha calentado a 390°F (199°C) aproximadamente. La mezcla caliente se pasa a una prensa donde se le da la forma requerida.

Entre los productos obtenidos se cuentan ladrillos y otros--

elementos similares de construcción.

Un cilindro que produce de 40 a 50 ton. métricas de aglomerados por hora, tiene un costo aproximado de 50,000 dólares.

2).- Proceso de la Britain's Regal Packaging Ltd.- El jefe del consejo de esta firma, Amos Paske diseñó en 1971 una máquina para fabricar paletas de plástico utilizando desechos como materia prima.

La máquina denominada "Tragadora de Plásticos", puede alimentarse con cualquier plástico, excepto poliestireno expandido pesado. El plástico previamente pulverizado entra en la máquina y se calienta hasta que alcanza una consistencia parecida a la de la cola, luego se enfría y se forman paletas de 48 x 48 pulgadas (1.22 x 1.22 m), que se colocan a 6 pies (1.83m) de la base.

El costo de la máquina fué calculada en 62,500 dólares, y las paletas producidas, según pruebas efectuadas en la compañía pueden soportar la misma carga que paletas fabricadas de madera o de plástico nuevo, pero que son más baratas para fabricarse.

3).- Proceso de la Werner & Pfleiderer Corp.- Esta compañía inventó en 1971 una máquina para procesar envases desechados de plástico mediante inyección y moldeo. La máquina cuyo nombre es "Refabricadora", acepta botellas de plástico usadas (incluyendo las que tengan residuos de leche), láminas, así como cualquier clase de desechos termoplásticos, estén o no pintados; pudiendo ser suministrados los mismos en pedazos gruesos que cortados en piezas

del tamaño aproximadamente de una uña; y aunque no sea necesario, con la mayor parte de desechos de polietileno y de película de cloruro de polivinilo.

La compañía reportó que en 1971 ya se habían instalado alrededor de 100 máquinas de ese tipo en Europa, donde está siendo muy utilizadas en las fábricas para recuperar los desechos de las operaciones de termoformado y otras semejantes. Entre los productos de valcr comercial que se producen en Europa por medio de esta máquina, están suelas de zapatos, puños de manubrios y asientos para bicicletas, utensilios caseros y juguetes.

El costo de la máquina varía entre 11,900 y 15,800 dólares, dependiendo de la presión utilizada para la inyección. Los moldes tienen un costo que varía entre 700 y 1200 dólares. Los ciclos de tiempo empleados para la fabricación de productos son del orden de 30 a 60 segundos; y las partes de la máquina requieren un mínimo de espesor de pared e $1/8$ de pulgadas (0.32 cm).

En la tabla 4.4 muestra un registro de los costos de producción de la sección de fabricación de puños para manubrios de bicicletas. Dichos costos están referidos precios de 1971.

4).- Proceso de la Sinclair-Koopers Co.- En 1972 esta compañía desarrolló un proceso para efectuar una reducción significativa del tamaño de la espuma de poliestireno desechada, mediante densificación por vapor.

Primeramente, la espuma (también partículas de desecho o --

TABLA 4.4

Registro de costos de producción de la sección de fabricación de puños para manubrios de bicicletas mediante la máquina "refabricadora" de plásticos.

Peso	1.75 oz = 0.11 lb
Costo de material (desechos de cloruro de polivinilo)	0.05 dólares/lb*
Ciclo de tiempo	60 segundos
Número de piezas por hora	4 x 60 = 240
Número de piezas por turno	1680
Costos del material	
1680 piezas x 0.11 lb =	185 lb x 0.05 dólares/lb=9.25 dólares*
Trabajo:	
7 horas a 3.80 dólares (costo en nómina)	26.60 dólares
Gastos generales incluyendo la depreciación de la máquina	26.60 dólares.
Gastos de administración	5.30 dólares
	<hr/> 67.75 dólares.

Costo por pieza = $\frac{67.75}{16.80} = 0.04033$ dólares*

* Si el costo del material es cero, el costo por pieza es de 0.03482 dólares.

trozos de escoria entera moldeada) se pulveriza o se tritura, se pone en un auto clave y se cubre con una capa de antiaglomerante que se bombea a través del recipiente, el cual se limpia con vapor y se presuriza a una presión de vapor de 80 a 100 psig., (5624.8 a 7031 kg/cm cuadrado), durante pocos minutos, para cerrar la estructura celular abierta de la espuma. Como la válvula de vapor está cerrada, se introduce aire a una presión aproximadamente igual para prevenir la expansión. El material se expone a este aire a alta presión durante un minuto y después se tiembla en frío con agua: entonces se despresuriza el recipiente y se descargan las partículas densificadas.

El producto después de secado puede ser triturado, extruído, granulado o moldeado por inyección, casi en la misma forma que el poliestireno nuevo.

5).- Proceso de la Mitsubishi Petrochemical.- Esta empresa japonesa ha venido empleando un proceso para reutilizar desechos industriales mediante fundido y extrusión.

Los desechos de plástico primeramente se alimentan a un molino para ser granulados. Posteriormente se almacenan antes de pasarlos al extrusor.

En el diagrama representado en la fig. 4.1a. el plástico desmenuzado se comprime y posteriormente se pasa al extrusor, donde sale para ser moldeado y posteriormente se enfría.

En el diagrama de la fig. 4.1b los fragmentos de plástico se

DIAGRAMA DE FLUJOS DE LOS PROCESOS DE LA MITSUBISHI —
PETROCHEMICALS SYSTEM PARA RECUPERACION DE DESECHOS
DE PLASTICO.

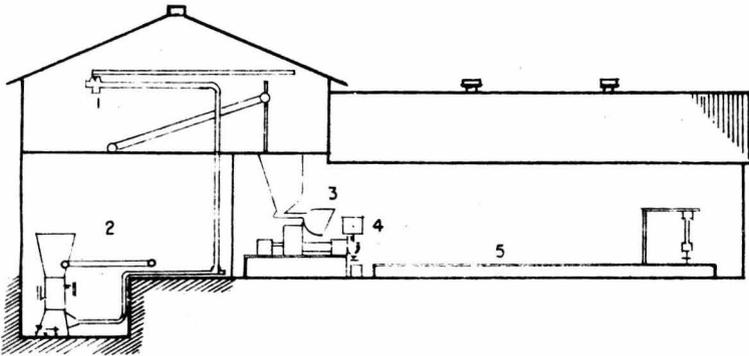


FIG. 4. I.A

- 1.- ALMACEN DE MATERIA PRIMA
- 2.- GRANULADO
- 3.- COMPRESION
- 4.- MOLDEADO
- 5.- ENFRIADO

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS DE LA MITSUBISHI
 PETROCHEMICAL'S SYSTEM PARA RECUPERACION DE DESECHOS
 DE PLASTICO.

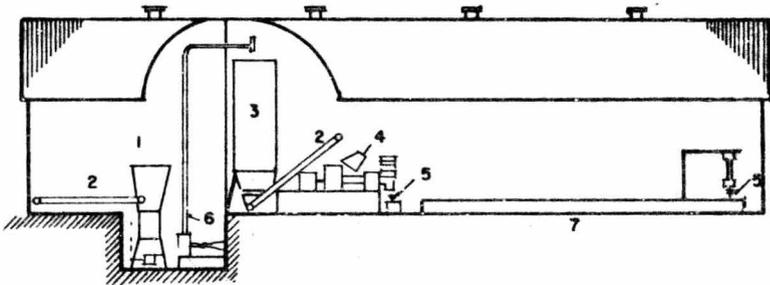


FIG. 4. I.B

- 1.- GRANULADOR
- 2.- TRANSPORTADOR DE BANDA
- 3.- SILO DE ALMACENAMIENTO
- 4.- TAMIZ
- 5.- PLANCHAS ELEVADORAS
- 6.- TRANSPORTADOR NEUMATICO
- 7.- UNIDAD DE ENFRIAMIENTO-MOLDEADO

tamizan antes de pasar al extrusor, a cuya salida se encuentra un elevador para pasar el plástico a la etapa siguiente en la cual es enfriado y moldeado simultáneamente. Entre los productos que se obtienen de este proceso se encuentran cestos para postura y estacas para vallas.

6).- Proceso de Kikosha.- Este proceso conocido con el nombre de "Reclamax" se emplea para procesar desechos urbanos, fundiéndolos, utilizando arena como medio de calentamiento y de relleno.

El diagrama de flujo del proceso, está representado en la figura 4.2 donde se muestra que el plástico de desecho por separado se granula y se calienta antes de alimentarse al mezclador, donde se junta con la arena, la cual ha sido calentada previamente en un horno. Una vez que han sido mezclados los dos cuerpos se pasan a moldeado.

Los productos que se obtienen de este proceso tienen un peso específico aproximado de 1.5, son apropiados para fabricas de redes de pesca.

7).- Proceso de la Japam Steal Works.- El diagrama de flujo de este proceso se muestra en la figura 4.3, que se refiere al diseño primario para reutilizar desechos plásticos colectados en las ciudades, puede ser simplificado para procesar desechos industriales.

Los desechos se alimentan a una cortadora para una reducción previa de tamaño, de ahí se pasan a un sistema de separación-

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO "RECLAMAX" PARA RECUPERACION DE DESECHOS PLASTICOS DE LA KIKOSHA'S SYSTEM.

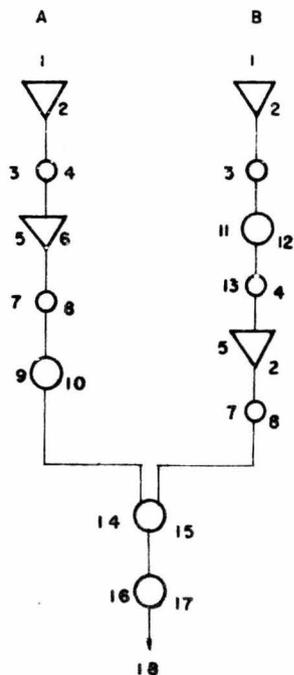


FIG. 4.2

A.- MEDIO DE CALENTAMIENTO

- 1.- PATIO DE ALMACENAMIENTO
- 2.- (ALMACENAMIENTO)
- 3.- TRANSPORTADOR DE BANDA
- 4.- (TRANSPORTACION)
- 5.- DEPOSITO
- 6.- (ALMACENAMIENTO TEMPORAL)
- 7.- ALIMENTADOR
- 8.- (ALIMENTACION EN CANTIDADES FIJAS)
- 9.- HORNO DE CALENTAMIENTO
- 10.- (CALENTAMIENTO)

B.- DESECHOS PLASTICOS

- 11.- GRANULADOR
- 12.- (GRANULACION)
- 13.- TRANSPORTADOR NEUMATICO
- 14.- MEZCLADOR
- 15.- (MEZCLADO)
- 16.- MOLDEADOR
- 17.- (MOLDEADO)
- 18.- PRODUCTO MOLDEADO

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE RECIRCULACION DE DESECHOS PLASTICO DE LA JAPAN STEEL WORKS

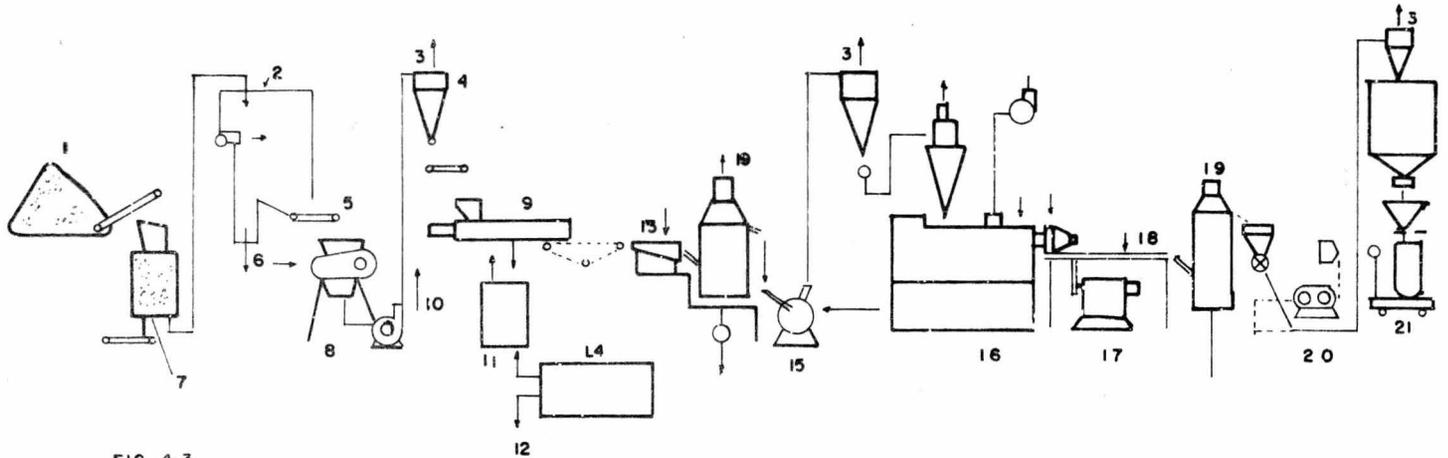


FIG. 4.3

- 1.- SEPARACION POR PESO
- 2.- SEPARACION POR AIRE
- 3.- AIRE ATMOSFERICO
- 4.- SEPARADOR MAGNETICO
- 5.- DESECHOS DE HIERRO
- 6.- ARTICULOS PESADOS
- 7.- BOLSA DE SALIDA Y CORTE
- 8.- GRANULADOR
- 9.- LAVADO CON DETERGENTE
- 10.- TRANSPORTACION
- 11.- REUTILIZACION DEL AGUA

- 12.- DRENAJE DE AGUA
- 13.- AGUA
- 14.- UNIDAD DE DISPOSICION PARA AGUA SUCIA
- 15.- GRANULADOR PARA HACER PARTICULAS MUY FINAS
- 16.- EXTRUSOR
- 17.- CORTADOR
- 18.- ENFRIAMIENTO
- 19.- SECADO
- 20.- TRANSPORTACION NEUMATICA
- 21.- LLENADO EN BOLSAS

mediante corrientes de aire para escoger los fragmentos más gruesos y los más pequeños, los cuales pasan a una segunda molienda y de ahí a un separador magnético para quitar los fragmentos de hierro. El plástico se pasa a una máquina donde se lava con detergente para pasar después a otra donde se enjuaga con agua. El plástico enjuagado se seca mediante aire por convección forzada y de ahí se para a un granulador que produce unas partículas muy finas. Estas partículas son limpiadas antes de pasar al extrusor.

El plástico extruído es cortado inmediatamente y después se enfría mediante agua. Después se seca mediante aire y por medio de un transportador neumático se alimenta a una tolva de donde se seca para empacarse y venderse.

El proceso cuenta además con un sistema para procesar el agua del lavado y volver utilizarla.

8).- Proceso de la Automatic Liquid Packaging de México.- - Debido a la escasez mundial de plásticos, esta empresa localizada en Naucalpan, Edo. de México que se dedica al envasado y maquila de jabones y detergentes líquidos, desarrolló un proceso para recuperar desechos de polietileno de alta y baja densidad que se generan en la misma planta.

La totalidad de los desechos que se recuperan está constituida por los siguientes cuerpos: "colas" y "copetes" de botellas que resultan de la operación normal de la máquina, botellas mal formadas que no contienen producto, botellas agujeradas o abiertas que-

son rechazadas por control de calidad y que tampoco contienen líquido, botellas que resultan dañadas en el manejo del almacén, trozos de plástico que no fueron sopladados, y grandes bloques de plástico - apelmazado.

El proceso, cuyo diagrama del flujo se indica en la figura - 4.4, se lleva a cabo en las siguientes etapas:

Molienda: Los trozos pequeños (colas, copete y tiras) y las botellas vacías se alimentan directamente a una cortadora que consiste de un rotor con cuchillas fijas: que gira dentro de una carcasa a la cual se fijan y calibran dos contracuchillas. Por la parte inferior tiene una criba que sólo permite el paso de los pedazos -- del tamaño adecuado (6mm aproximadamente por lado).

Los trozos grandes de plástico son cortados antes de alimentarse a la cortadora mediante una sierra circular para madera de 50 cm. de diámetro, que está montada sobre una mesa fija, girando a -- una velocidad de 1500 R.P.M., y que es movida por un motor eléctrico de 5 H.P. para reducir su tamaño a 5 cm (2 pulgadas) por lado, - aproximadamente. La capacidad máxima de la cortadora es de 500kg/- hr.

Lavado.- El plástico molido se encuentra contaminado por detergentes, humedad, polvo, tierra y grasa, debido a la exposición a estas sustancias, por lo tanto necesita ser lavado, entonces se mete a una máquina donde se lava con agua y por agitación, además de que se agrega una sustancia que destruye la estructura de los-

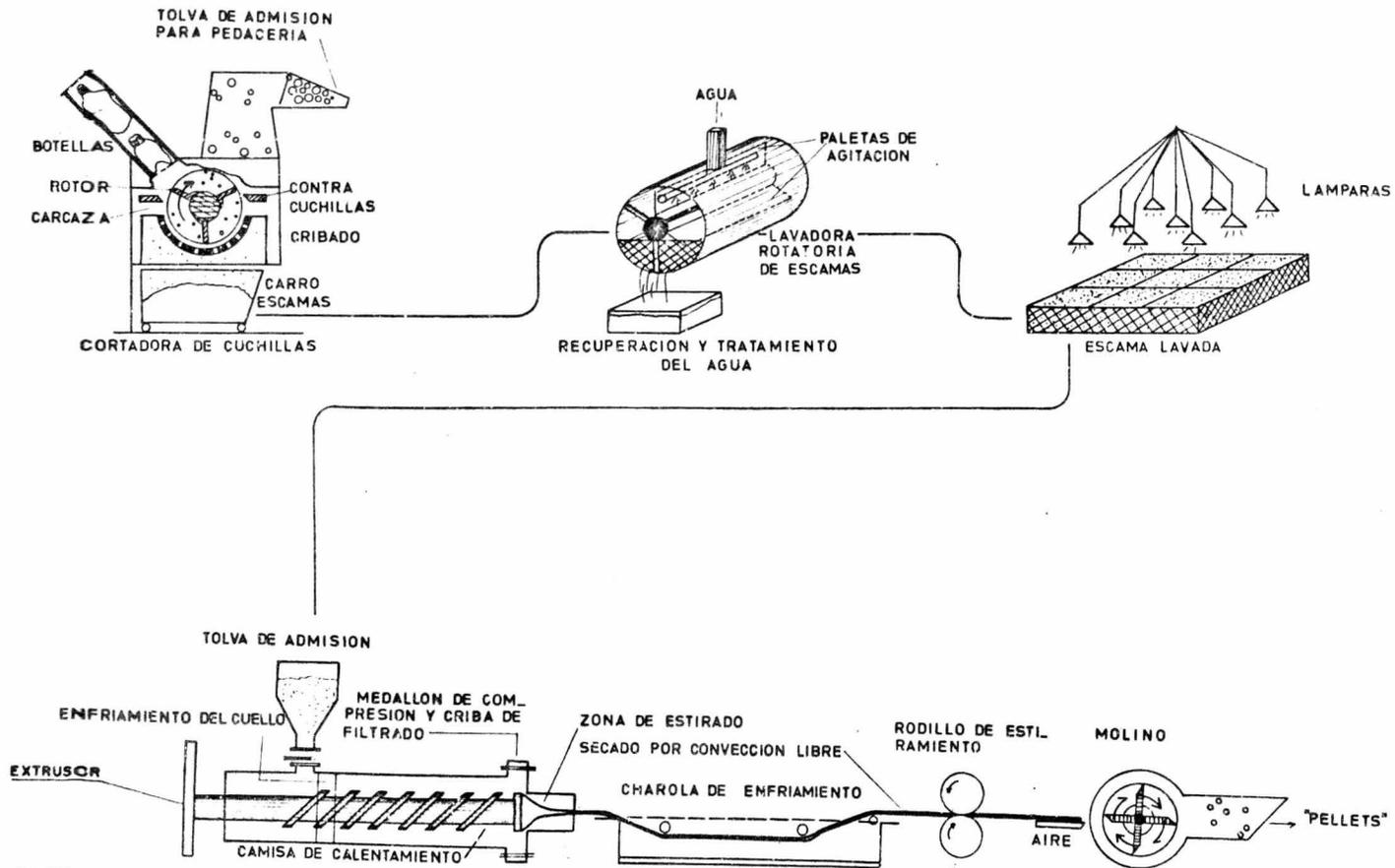


FIGURA 4.4. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE RECUPERACION DE DESECHOS INDUSTRIALES DE PLASTICO DE LA EMPRESA AUTOMATIC LIQUID PACKAGING DE MEXICO.

materiales tensoactivos. La máquina lavadora tiene una capacidad máxima de 200 kg/hr y funciona en forma intermitente. Además tiene una malla para retener el plástico y dejar pasar el agua la -- cual se trata para reutilizarla.

Secado.- Con el objeto de eliminar la humedad del plástico antes de alimentarlo a la máquina de extrusión, se seca extendiendo las partículas sobre una malla de acero inoxidable de trama bastante cerrada (40 ó más mallas/pulgada cuadrada) y suministrando el calor mediante unas lámparas infrarojas colocadas arriba del - plástico. Esta operación se realiza a razón de un lote de 100 - - kg/hr.

Extrusión.- Las escamas de plástico limpias y secas se alimentan a la tolva de extrusión, en donde se les agrega al pigmento, en la parte inferior de la tolva hay una compuerta para regular el paso de las escamas de plástico.

De la tolva se alimentan las escamas de plástico a un molino de husillo, que se encuentra dentro de una camisa que es calentada exteriormente mediante resistencias eléctricas a 200°C para moler y fundir el plástico antes de alimentarlo al cabezal de extrusión.

El plástico fundido pasa a través de una malla o más de -- acero inoxidable o de latón de trama bastante cerrada (30, 40 ó - 60 mallas/pulg²), para quitarle cualquier tipo de impurezas que - puede llevar, para después pasar el lado de compresión para ser -

extruído.

Esta operación, así como las que le suceden, tienen una capacidad máxima de 200 kg/hr.

Estirado.- Las tiras de plástico extruído que van saliendo del dado de compresión, se hacen pasar por unos rodillos, algunos de los cuales se encuentran en un baño de agua, para estirarlas y enfriarlas simultáneamente.

Secado.- Las tiras de plástico que ya se han enfriado, se sacan del baño de agua y se secan por convección libre de aire y se les da una estirada al final con unos rodillos.

Molienda.- El plástico estirado, seco y frío se alimenta un molino de rodillos con cuchillas, de velocidad variable, para fragmentarlas. El tamaño de los fragmentos depende de la velocidad que se imprima a los rodillos, así como también de la que se imprima a los rodillos de estiramiento y al husillo del extrusor.

El plástico así obtenido se reintegra al proceso principal de la fábrica, para elaborar nuevamente botellas para embasar los productos que ahí se fabrican.

2.- Reutilización por cambios químicos en los plásticos.- - Dentro de este grupo de procesos se incluyen degradación de polímeros, pirólisis, hidrólisis y descomposición de los plásticos en monómeros y otras sustancias sencillas.

a).- Degradación de polímeros .- En proyecto desarrollado en 1973, trabajando en cooperación el Instituto de Investigación -

de la Energía Atómica del Japón y una industria de materiales radioactivos del mismo país, han encontrado que pueden reutilizarse el politetrafluoroetileno de desecho.

El proyecto, además de tener como objetivo eliminar los problemas de la contaminación atmosférica en el país, debido a los humos que se desprenden de los incineradores, se pretende también reducir los precios del polímero, que en ese mismo año eran de --- aproximadamente 1.20 dólares/kg.

Se han estudiado muchas variables del proceso, que consiste en exponer el material de desecho a una cierta cantidad de radiación (por ejemplo la que emite el cobalto 60), a temperatura ambiente o a 300°C, en presencia de aire o de algún compuesto halogenado.

El material tratado se degrada cuando se mantiene a temperaturas entre 200° y 300° C en presencia de aire o de algún compuesto halogenado. El politetrafluoroetileno degradado puede ser fácilmente molido hasta obtener partículas de unas cuantas micras de diámetro.

El politetrafluoroetileno puede usarse como aditivo para poliacetales o plásticos de nylon, para mejorar su tersura.

La proporción en que se ha utilizado el polímero degradado en las mezclas, ha sido del 10 al 20%.

b).- Hidrólisis de poliuretano.- La Ford Motor Company desarrolló un método para aprovechar la espuma de poliuretano que se -

emplea en los asientos y en los aislamientos de los automóviles.

El proceso consiste en calentar la espuma con agua en un re cipiente a presión, durante 15 min. a 400°F (204°C), lo cual provo ca que el polímero se rompa. El líquido resultante se destila, ob- teniéndose poliéter y compuestos de diamina, a partir de los cua-- les puede producirse nuevamente poliuretano.

La compañía estima que el proceso es económico, ya que cos- taría alrededor de 0.15 dólares por coche, y que la venta de los - componentes obtenidos produciría una ganancia de aproximadamente - 0.35 dólares.

c).- Pirólisis de plásticos.- Desde hace alrededor de 20 -- años, la compañía Unión Carbide ha trabajado ampliamente en desa-- rrollar tecnología sobre la pirólisis como un medio de convertir - resinas de bajo costo, tales como el polietileno, en ceras, grasas y líquidos (la pirólisis se diferencia de la destilación destruc-- tiva en que la mayor parte de la sustancia pirolizada se recupera como una sustancia no destilable). Durante el transcurso de estos trabajos, se ha encontrado que es posible pirolizar muchos plásti- cos, incluyendo poliolefinas de alta y baja densidad, cloruro de polivinilo, poliestireno, así como sus copolímeros, tanto indivi-- dualmente como en mezclas, variando las condiciones del proceso. - Los productos obtenidos pueden ser los mismos sólidos, materiales - cerosos, líquidos de alta viscosidad así como también gases. La ac tividad química de muchas de estas sustancias puede hacer de los-

desechos plásticos una posible fuente de sustancias químicas intermedias.

El equipo utilizado para la pirólisis de plástico consiste de un extrusor convencional de tornillo, adaptado a una cámara de pirólisis en terminal de descarga.

El diseño del pirolizador desarrollado por la compañía es de construcción anular, en el cual el material es forzado a pasar a través de un anillo relativamente estrecho calentado eléctricamente. Después de fundirse en el extrusor y calentarse a 300°C, la alimentación se calienta posteriormente en el pirolizador a temperaturas entre 400° y 600°C, un rango adecuado para la mayoría de los plásticos estudiados. Debido a la distribución uniforme de la temperatura obtenida por el diseño anular y a que la viscosidad del producto puede usarse como retroalimentación para el control automático de temperatura, puede obtenerse un producto muy uniforme tanto en peso molecular como en viscosidad. El grado de pirólisis, así como las propiedades del producto, son determinadas por la temperatura y el tiempo de residencia en la unidad.

Los desechos plásticos constituidos por muchos componentes, son probablemente la mayor fuente potencial adecuada para la pirólisis, ya que no sería económicamente rentable separar los plásticos por clases. El empleo de plásticos mezclados para refabricación secundaria de productos terminados no es posible debido a que las técnicas de reprocesado requieren materiales de alta pureza y

uniformidad; pero los plásticos mezclados no presentan dificultades para la pirólisis. La gran variedad de compuestos volátiles encontrados, tales como el cloruro de hidrógeno producido por el cloruro de polivinilo y por varias sustancias plastificadoras presentes en varias resinas, pueden manejarse fácilmente mediante una sección de venteado sobre el extrusor. Los datos experimentales indican que la mayoría de los polímeros de los hidrocarburos no varían marcadamente con respecto a las condiciones de pirolizados.

La compañía ha desarrollado y patentado muchos productos manufacturados por la pirólisis de resinas de polietileno, entre ellas ceras para empastar, grasa para pulir, tintas para imprenta, agentes para separar moldes, lubricantes, agentes terminadores de telas y adhesivos.

La composición química de los productos de la pirólisis de los desechos plásticos, es prácticamente la misma que la de los productos de la pirólisis del petróleo crudo, sin embargo la principal diferencia consiste en la ausencia de hidrocarburos aromáticos polinucleares y mayor peso molecular promedio. Debido a esta similitud con el petróleo, se considera que la pirólisis de los desechos plásticos puede servir como fuente de materias primas para la industria petroquímica, tanto para combustibles como para síntesis, si se aplica en gran escala.

Otras posibles aplicaciones de dichos productos pueden ser en composiciones de asfalto para servicio pesado, formar emulsiones

acuosas para usos agrícolas, o posiblemente como fuente de carbón- para síntesis de proteínas por micro-organismos.

d).- Procesos de la T.R.W.- En 1968 esta firma investigó -- una serie de sistemas reaccionantes para utilizar como materia pri ma desechos plásticos. Los sistemas reaccionantes cuyos diseños -- preliminares fueron encontrados económicamente rentables, fueron - los siguientes: polietileno, nitrógeno, cloruro de polivinilo, --- aire, mezcla de polímeros (polietileno, poliestireno y cloruro de polivinilo), aire, poliestireno - vapor de agua y mezcla de políme ros - vapor de agua.

A continuación se describen los procesos y análisis económi cos de cada uno de estos sistemas reaccionantes.

1).- Poliestireno - nitrógeno.- Este sistema está basado en la descomposición térmica del poliestirano de desecho para obtener el monómero puro (estireno).

El diagrama de flujo del proceso se muestra en la figura -- 4.5, mientras que el diseño del reactor empleado, en la fig. 4.6.

La descomposición se lleva a cabo en un reactor de acero -- inoxidable, a 600°C en presencia de nitrógeno, el cual se emplea - para suministrar el calor requerido para la reacción endotérmica - de la producción de estireno. El nitrógeno se alimenta al reactor- a una temperatura de 1230°C a través de varias entradas, en tal -- forma que la temperatura se mantiene constante; si se agregara un- quemador de gases para suministrar el calor y eliminar el cambia--

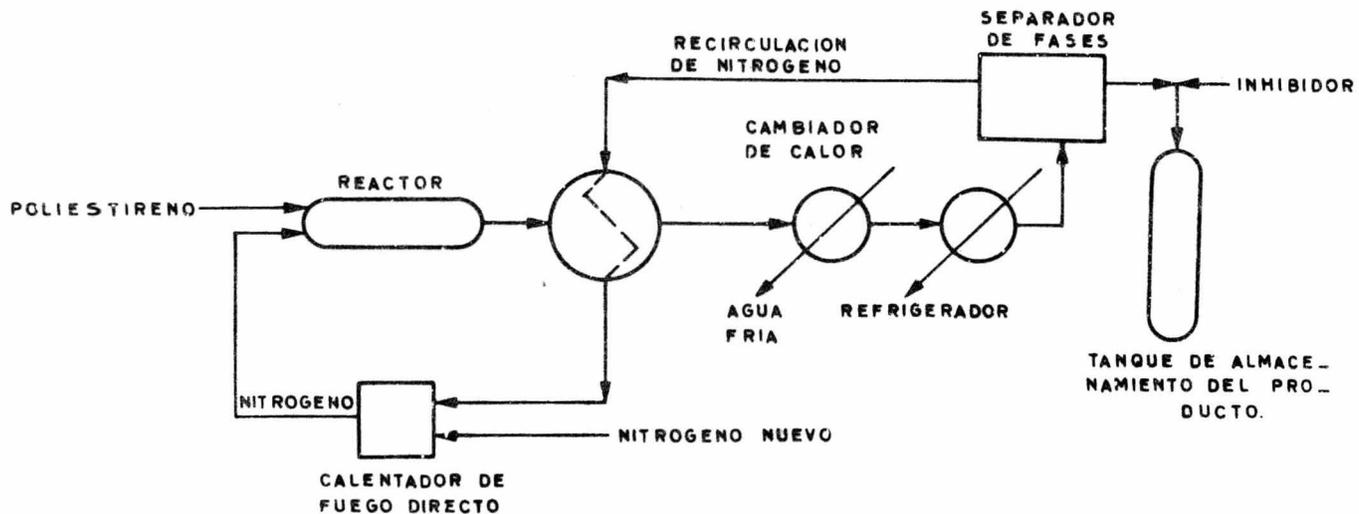


FIGURA 4.5. DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTO PARA EL PROCESO DE DESCOMPOSICION DE POLIESTIRENO UTILIZANDO NITROGENO COMO PROVEEDOR DE CALOR.

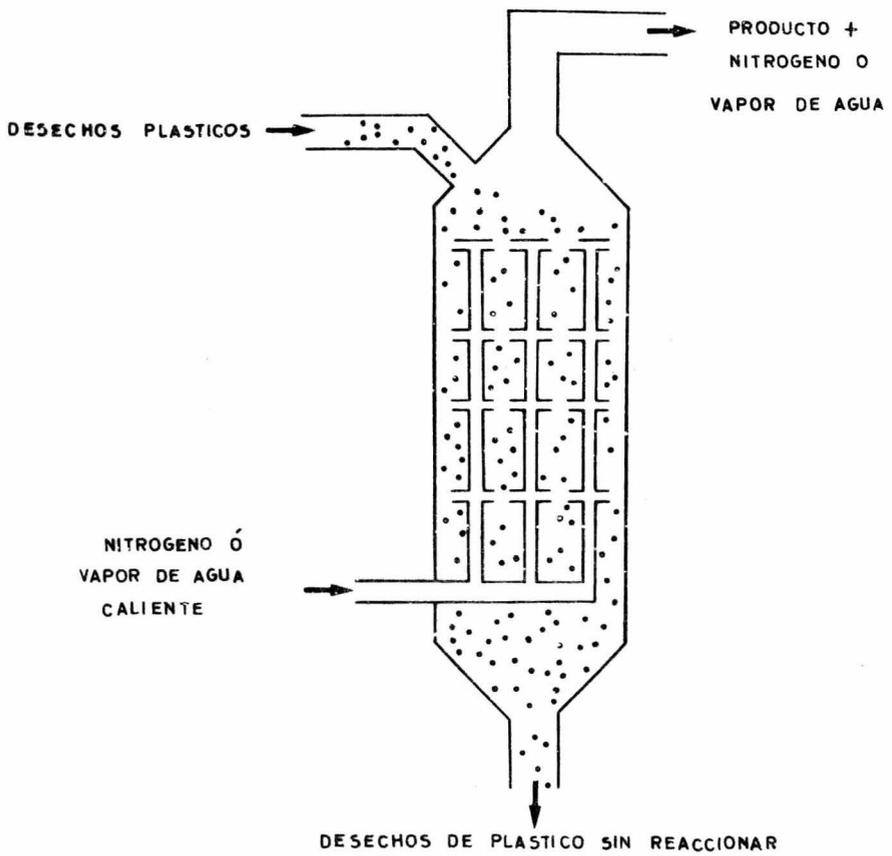


FIGURA 4.6. DIAGRAMA DEL REACTOR SEMICONTINUO PROPUESTO PARA LA DESCOMPOSICION TERMICA DE DESECHOS DE PLASTICO.

dor de calor gas-gas, se podrían obtener costos más bajos; sin embargo no se consideró dicha configuración para el análisis económico.

Después de salir del reactor, los productos gaseosos de la reacción se enfrían a 250°C mediante un cambiador de calor utilizando nitrógeno recirculado de la etapa de recuperación como medio --frío; y de allí se envían a un segundo cambiador de calor, donde se enfrían con agua a 50°C, posteriormente estos gases se enfrían a 20°C mediante refrigeración, para remover el estireno, del cual queda solamente el 0.6% en el nitrógeno deseoso. A continuación se pasa la corriente gaseosa a un separador de fases y se agrega un --inhibidor al monómero líquido antes de bombearlo al tanque de almacenamiento.

El nitrógeno que sale del refrigerador se recircula al calentador de fuego directo, enfriando en el camino los afluentes gaseoso del reactor. En el calentador se agrega nitrógeno nuevo a la corriente de nitrógeno recirculado, la cual se encuentra a la temperatura de 460°C, y todo el gas se calienta a 1230°C mediante quemadores de combinación de aceite y gas.

La estimación de costos totales para una planta diseñada para procesar 12.5 millones de libras (5.678 millones de kg) de poliestireno de desecho por año, está desarrollada en la tabla 4.5. Los cálculos hechos a precios de 1968, reportaron una ganancia bruta de 6.1 centavos por libra (13.44 centavos/kg) de polietireno pu

TABLA 4.5

Sumario de costos del proceso de descomposición térmica de poliestireno mediante nitrógeno como fuente calorífica.

Costos de la unidad instalada Sumario	219,000 dólares
Servicios	0.90 dólares/hr
Materias primas	1.40 " "
Gastos de operación con 100% de gastos generales	9.50 " "
Depreciación, mantenimiento, impuestos etc. (20% del capital anualmente)	5.50
	<hr/>
	17.30 Dólares/hr.
Costos de procesado del poliestireno de desecho.	1.1¢/lb alimentada (2.4/kg.)
Precio del producto (estireno)	7.2¢/lb alimentada (15.8/kg.)
Ganancia neta	6.1¢/lb alimentada (13.4/kg.)

ro procesado. No se incluyeron los costos estimados para la posible separación de las diferentes clases de plásticos de los desechos, aunque se consideró que podría aplicarse a ella una parte de la ganancia calculada.

Un análisis similar se desarrolló considerando que se emplearía el nitrógeno a 730°C para calentar el poliestireno alimentado. Se encontró que con la reducción de la temperatura se necesitaría aumentar cinco veces el tamaño de muchas piezas del equipo de proceso, sin que hubiera un incremento en la producción.

El aumento del tamaño de dichas piezas provocaría una disminución en la economía del proceso, por lo cual se emplea el primer diseño para efectuar el proceso a la temperatura más alta.

2).- Cloruro de polivinilo.- Aire y mezcla de polímeros - - aire.- Estos dos sistemas se analizaron juntos, debido a que los productos de la combustión de ambos son idénticos y requieren el mismo proceso para recuperar el calor reutilizable y el cloruro de hidrógeno formado.

El proceso propuesto para ambos sistemas reaccionantes está basado en la combustión controlada de los plásticos en el aire, hasta la formación de cloruro de hidrógeno. El diagrama de flujo del proceso común para los dos sistemas se muestra en la figura 4.7, y el diseño del reactor empleado en la figura 4.8.

El aire y los desechos de plástico se alimentan a un reactor semicontínuo de acero inoxidable, donde se efectúa la combus--

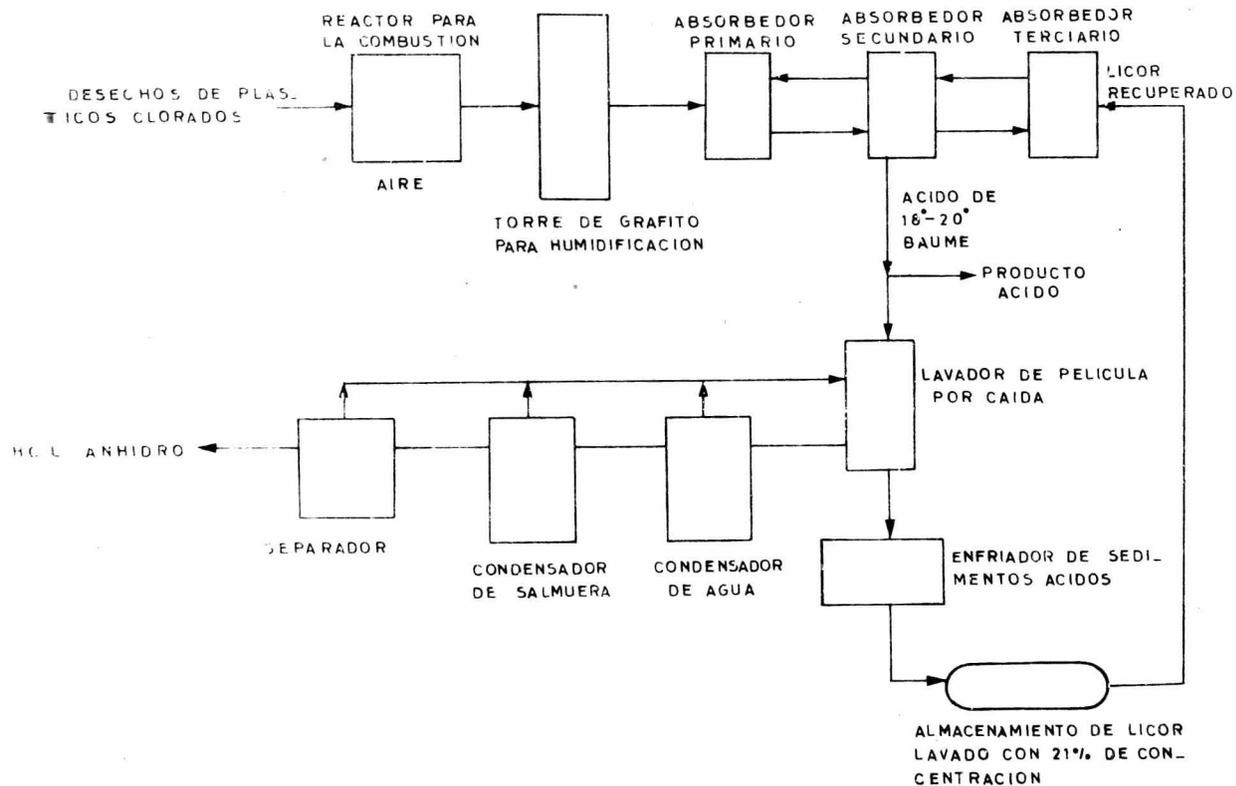


FIGURA 47. DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTO PARA LOS PROCESOS, LAS REACCIONES DE CLORURO DE POLIVINILO DE DESECHO O DE UNA MEZCLA DE DESECHOS DE POLIETILENO, POLIESTIRENO Y CLORURO DE POLIVINILO CON AIRE.

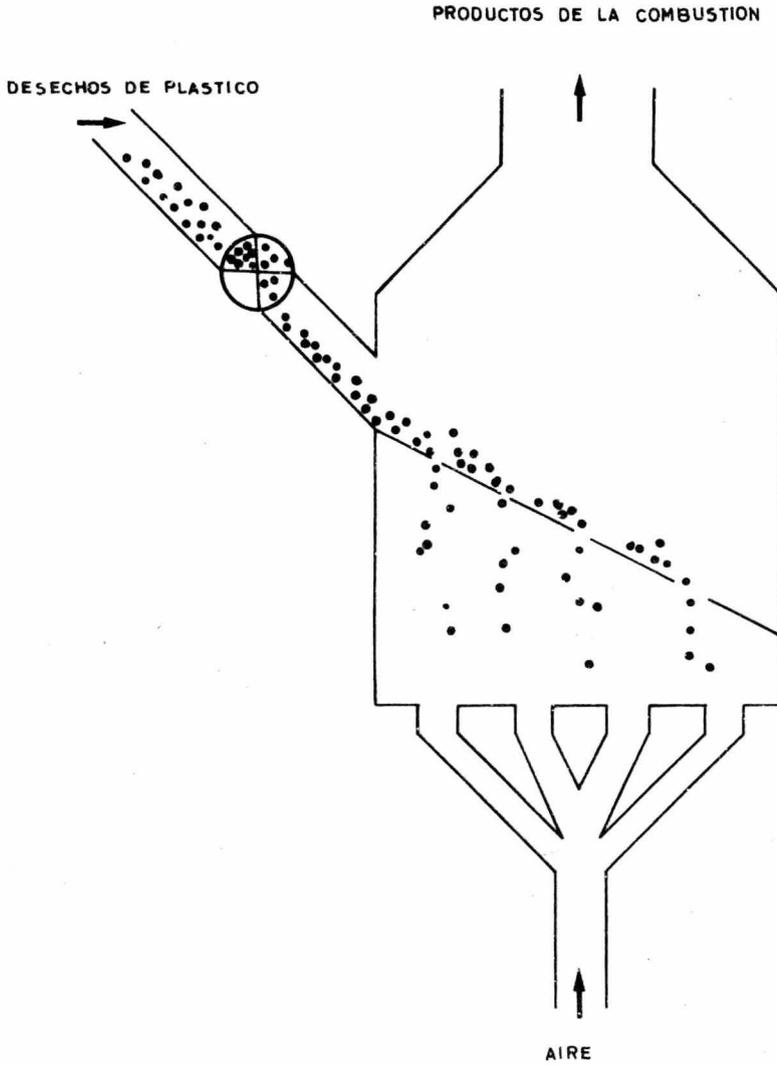


FIGURA 4.8 DIAGRAMA PROPUESTO PARA EL REACTOR DE COMBUSTION DE DESECHOS PLASTICOS CON AIRE.

ti6n a las temperaturas constantes de 930°C y el 1600°C, para los sistemas cloruro de polivinilo-aire y mezclas de polímeros-aire, respectivamente. Ambas reacciones son exotérmicas y se continúan por sí mismas.

Después de salir del reactor, los productos gaseosos de la reacción se envían a un sistema de lavado el cual es capaz de remover el 99% del cloruro de hidrógeno contenido en los efluentes.

El proceso de limpiado permite recuperar al cloruro de hidrógeno como ácido clorhídrico de 18° Baume de concentración, o con la ayuda de un sistema simple de deshidratación, como cloruro de hidrógeno anhidro.

Los costos de instalación del proceso, así como los costos de operación, incluyendo contingencias y honorarios del contratista, están indicados en la tabla 4.6, para una planta diseñada para procesar anualmente 12.5 millones de libras (5.675 millones de kg.) de cloruro de polivinilo de desecho, o una mezcla de porciones iguales de cada uno de los tres polímeros mencionados.

La ganancia bruta considerada por libra de cloruro de polivinilo procesado, es de 0.7 centavos por libra (1.54 centavos por kg.).

3).- Poliestireno-vapor de agua.- En este sistema se plantea la sustitución del nitr6geno por vapor de agua para suministrar el calor necesario para la descomposición del polímero. El diagrama de flujo del proceso es igual al diseñado para el sistema

TABLA 4.6

Sumario de costos del proceso de combustión con aire de cloruro de polivinilo o de una mezcla de plásticos (polietileno, poliestireno y cloruro de polivinilo).

Costos de la planta instalada

Sumario	395,000 dólares
Servicios y materias primas	18,00 dólares/hr
Gastos de operación con 100% de gastos generales	9.50 dólares/hr
Depreciación, mantenimiento, impuestos, etc. (20% del Capital anual <u>mente</u>).	<u>9.85 días/hr.</u>
T o t a l	37.35 dólares/hr.

Costo del procesado del plástico

clorado.	2.4¢/lb alimentada (5.3/kg)
Ganancia del producto (ácido clorhídri <u>co</u>).	3.1¢/lb de pvc alimentado (6.8/kg)
Ganancia neta	0.7¢/lb alimentada (1.5/kg)

Está calculado sobre la base de alimentación constituida únicamente por cloruro de polivinilo.

poliestireno-nitrógeno.

Se alimenta vapor de agua a baja presión a un calentador de fuego directo, donde se eleva la temperatura a 1230°C , entonces el vapor se alimenta al reactor en la misma forma que se hace con el nitrógeno en el proceso mencionado, resultando por lo tanto análogos ambos procesos (figura 4.5 y 4.6).

El costo del equipo del proceso y los costos de operación para una planta diseñada para procesar 12.5 millones de libras --- (5,675 millones de kg) de poliestireno de desecho por año (1580 -- lb/hr) incluyendo contingencias y honorarios del contratista, están indicados en la tabla 4.7 la ganancia bruta se calculó en 6.1 centavos por libra (13.44 centavos por kg) de plástico alimentado.

4).- Mezcla de plástico-vapor de agua.- Este proceso consiste en la descomposición térmica de una mezcla de porciones iguales de poliestireno, polietileno y cloruro de polivinilo. En la figura 4.9 se muestra el diagrama de flujo propuesto para este sistema -- reaccionante: mientras que el diagrama del reactor es el mismo que propuesto para el sistema poliestireno-nitrógeno (figura 4.6).

El vapor de agua a baja presión se calienta en un quemador de fuego directo a 1230°C , antes de entrar al reactor, la reacción se efectúa en un reactor semicontínuo de acero inoxidable, en donde se realiza la descomposición térmica de la mezcla de plásticos a la temperatura constante de 600°C .

Los gases salientes del reactor son enfriados a 90°C en un-

TABLA 4.7

Sumario de los costos del proceso de la descomposición térmica del poliestireno utilizando vapor de agua como fuente de calor.

Costo de la unidad instalada		
Sumario	183,000 dólares	
Servicios	2.20 dólares/hr	
Materias primas	1.40 dólares/hr	
Gastos de operación		
con 100% de gastos generales	9.50 dólares/hr	
Depreciación, mantenimiento,		
impuestos (20% del capital		
anualmente)	<u>4.60 dólares/hr</u>	
Total	17.70 dólares /hr	
Costo del procesado del polies-		
tireno de desecho	1.1¢/lb alimentada	(2.4/kg)
Precio del producto (estireno)	7.2¢/lb alimentada	(15.8/kg)
Ganancia neta	6.1¢/lb alimentada	(13.4/kg)

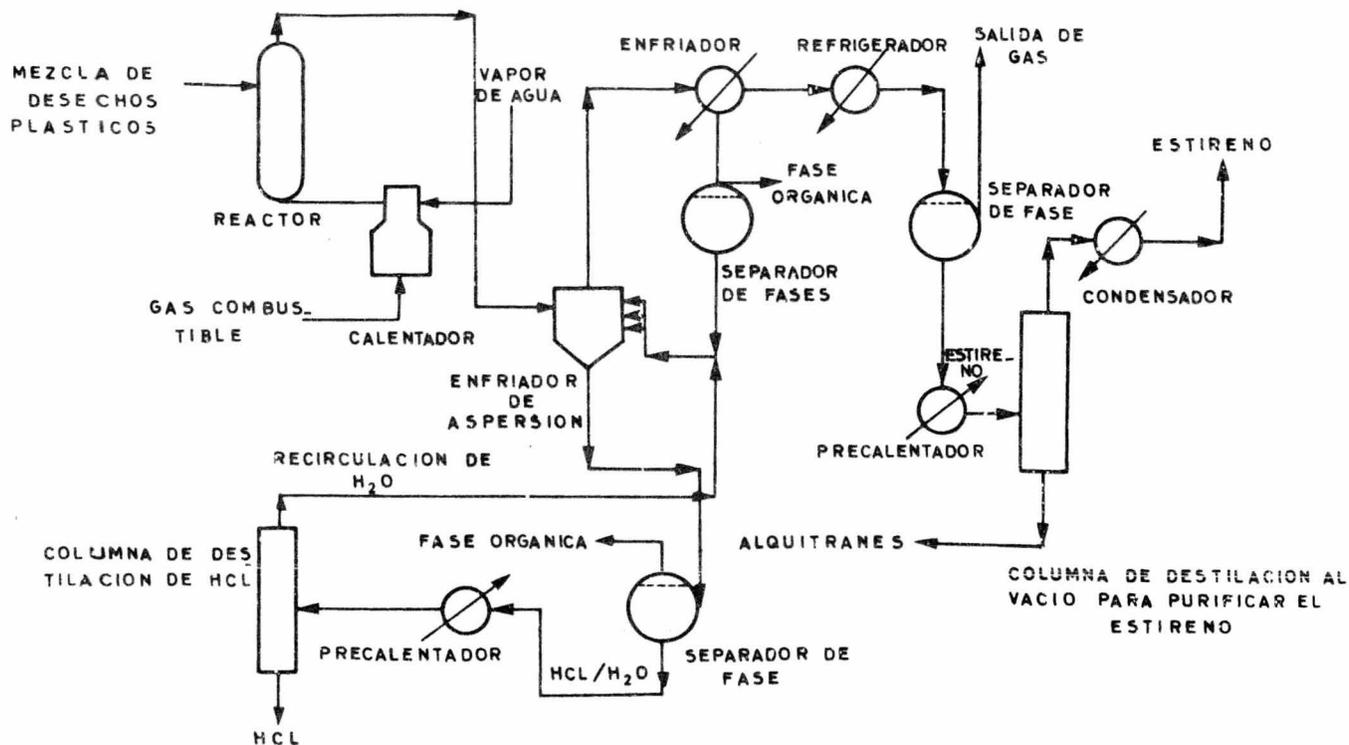


FIGURA 4.9. DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTO PARA EL PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA DE UNA MEZCLA DE DESECHOS DE POLIETILENO, POLIESTIRENO, CLORURO DE POLIVINILO CON VAPOR DE AGUA PARA SUMINISTRAR CALOR.

enfriador de aspersion de agua, para remover el cloruro de hidrógeno y el vapor de agua de la corriente gaseosa. La mezcla de --- agua y ácido clorhídrico se manda a un separador de fases para recuperar los hidrocarburos pesados y utilizarlos en la producción de gasolina. Posteriormente, la mezcla se pasa a una columna para la destilación del ácido clorhídrico.

La corriente gaseosa que sale del enfriador se pasa a un - cambiador de calor, donde se enfría a 50°C mediante agua fría y - posteriormente se manda a un separador de fases para separar los productos combustibles; después se enfría a 200°C para quitar el estireno, del cual queda unicamente 0.6% en la corriente gaseosa.

La corriente de estireno condensado se purifica en una columna de destilación al vacio, se trata con un inhibidor y se almacena.

El análisis económico para este proceso está indicado en - la tabla 4.8 y reporta una ganancia bruta de 0.3 centavos de dól-- lar por libra (0.66 centavos por kg) de alimentación. Este análisis está hecho para una planta diseñada para procesar 12.5 millones de libras de la mezcla de desechos plásticos considerada, incluyendo contingencias y honorarios del contratista en los costos de la planta.

e).- Procesos Japoneses.- Varias firmas del Japón han desarollado y están trabajando actualmente procesos de descomposición térmica de los desechos plásticos. Entre los productos más comunes

TABLA 4.8

Sumario de los costos del proceso de la descomposición de mezcla de plásticos (polietileno, poliestireno y cloruro de polivinilo) por vapor de agua.

Costo de la unidad instalada

Sumario	282,000 dólares	
Servicios	3.65 dólares/hr	
Materias primas	1.40 dólares/hr	
Gastos de operación con 100% de gastos generales	9.50 " "	
Depreciación mantenimiento, impuestos, etc. (20% del capital anualmente)	<u>7.15</u> " "	
T o t a l	21.70	
Costo de la disposición de los desechos plásticos.	1.4¢/lb	(3.1/kg)
Precios de los productos:	0.3¢/lb	(0.7/kg)
estireno	1.0¢/lb	(2.2/kg)
HCl (18° Baume),	<u>0.4¢/lb</u>	<u>(0.9/kg)</u>
	1.7¢/lb	(3.8/kg)
Costo del procesamiento de desechos de plástico	1.4¢/lb	(3.1/kg)
Ganancia neta	0.3¢/lb	(0.7/kg)

que se obtienen en estos procesos, se encuentran aceites combustibles ligeros y pesados: y dependiendo de la clase de desechos empleada, se obtienen compuestos tales como estireno procedente del poliestireno, ácido clorhídrico y carbono activado procedentes del cloruro de polivinilo.

1).- Proceso de la Mitsubishi Heavy Industries.- En la figura 4.10 se muestra el diagrama de flujo de este proceso en el cual se obtienen aceites, cloro e hidrocarburos gaseosos como productos de la descomposición térmica de los desechos plásticos.

El proceso se efectúa como sigue: primeramente se alimentan los desechos a una tolva de donde se pasan por medio de un transportador a un tanque de descomposición, el cual se alimenta con aire calentado en un horno que emplea como combustible aceite que se obtiene de la descomposición térmica. Este tanque de descomposición cuenta con un filtro como equipo auxiliar, para separar de los productos que se extraen del fondo, aquellas substancias que aún pueden ser descompuestas.

Los productos gaseosos que salen del tanque de descomposición pasan a un condensador, que es enfriado por agua fría para separar los aceites, los cuales se almacenan en un tanque de donde se extraen para alimentarlos al horno calienta el aire.

La fase gaseosa que sale del condensador se pasa a una torre empacada de absorción en la cual se separan el agua y el aceite, los cuales se pasan a un separador, de donde el aceite se pasa

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DECOMPOSICION TERMICA DE DESECHOS PLASTICOS
DE LA MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES

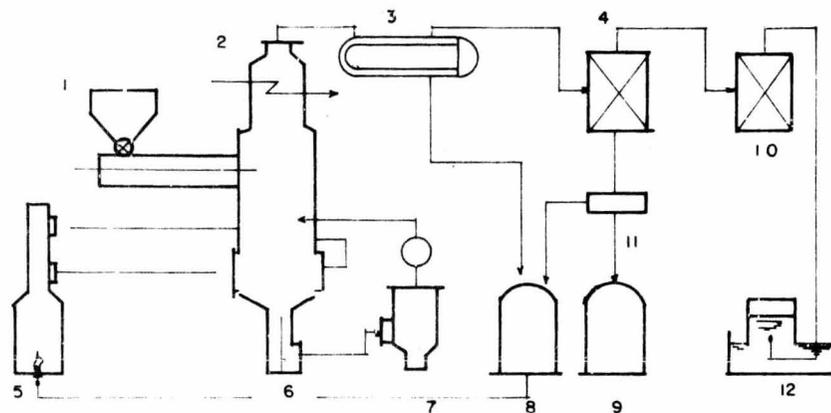


FIG. 4.10

- 1.- ALIMENTADOR
- 2.- AGUA DE ENFRIAMIENTO
- 3.- CONDENSADOR
- 4.- TORRE DE ABSORCION
- 5.- HORNO PARA CALENTAR AIRE
- 6.- TANQUE DE DESCOMPOSICION

- 7.- FILTRO
- 8.- TANQUE ACEITE
- 9.- TANQUE DE CLORO
- 10.- TORRE DE SATURACION
- 11.-SEPARADOR DE AGUA Y ACEITE
- 12.- ALMACENAMIENTO DE GAS

al tanque de almacenamiento mencionado anteriormente, mientras que del agua se extrae el cloro que contenga y el cual se almacena en el tanque correspondiente.

La corriente gaseosa que sale de la torre de absorción se pasa a una torre empacada de saturación y de ahí se burbujea a un tanque de almacenamiento.

2).- Proceso de Kawasaki Heavy Industries.- Este proceso se denomina "Multibaño". Se efectúa previamente una destilación en seco de los desechos plásticos. El diagrama de flujo de este proceso se muestra en la fig. 4.11.

Los desechos plásticos son granulados previamente en un molino y de ahí se alimentan a una tolva de almacenamiento de donde se pasan al destilador seco.

El destilador seco se alimenta con aire que se calienta mediante un quemador que se alimenta con aceite ligero obtenido de la descomposición térmica. El destilador cuenta además con un cilindro de extracción.

Los productos destilados pasan primeramente a una torre en donde son separados los aceites pesados mediante rocío de agua. Estos aceites, una vez separados de la corriente gaseosa se almacenan en un tanque.

La corriente gaseosa que sale de la torre de separación de aceites pesados se pasa a otra torre para separar los aceites ligeros y el agua, mediante enfriamiento, para lo cual cuenta con un -

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DESCOMPOSICION TERMICA DE DESECHOS PLASTICOS MEDIANTE EL METODO "MULTI-BANO" DE LA KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES.

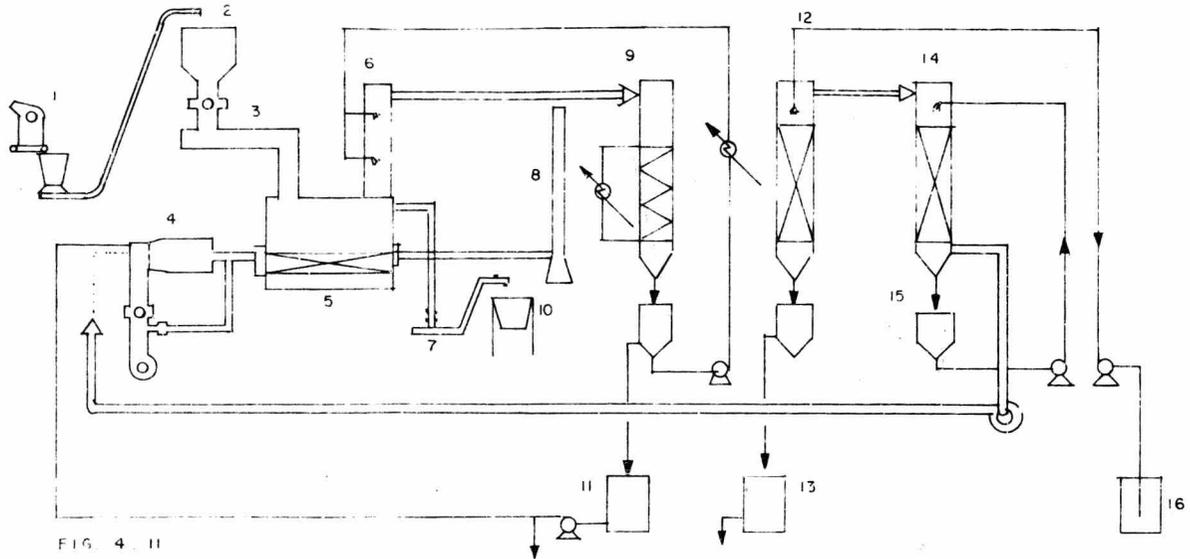


FIG. 4. II

- 1.- GRANULADOR DE DESECHOS PLASTICOS
- 2.- TOLVA
- 3.- ALIMENTADOR
- 4.- GENERADOR DE AIRE CALIENTE
- 5.- DESTILADOR EN SECO
- 6.- TORRE DE SEPARACION DE ACEITES PESADOS
- 7.- TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE DESECHOS PESADOS
- 8.- CILINDRO DE EXTRACCION

- 9.- TORRE DE SEPARACION DE ACEITES LIGEROS
- 10.- TANQUE DE SEPARACION
- 11.- TANQUE DE RECUPERACION DE ACEITES LIGEROS
- 12.- TORRE DE RECUPERACION DE CLORO
- 13.- TANQUE DE RECUPERACION DE CLORO
- 14.- TORRE DE LAVADO
- 15.- TANQUE DE SOSA CAUSTICA
- 16.- TANQUE DE AGUA

cambiador de calor como equipo auxiliar.

Las dos sustancias que se separan en esta torre se pasan a un tanque para separar el aceite del agua. El aceite se manda a un tanque de almacenamiento, de donde se extrae, ya sea para el mercado o para la combustión del calentador de aire; mientras que el agua se bombea a la torre de separación de aceites pesados, para lo cual es enfriado en el camino.

Los productos gaseosos que salen de la torre de separación de aceites ligeros se pasan a una torre empacada para recuperar el cloro, utilizando como medio separador agua. Abajo de esta torre se encuentra un tanque para separar el agua del cloro, y de donde se extrae este gas para almacenarlo en el tanque correspondiente.

La corriente gaseosa remanente se alimenta a una torre empacada en donde se lava con sosa cáustica, la cual se está recirculando y que se almacena en un tanque situado por debajo de la torre. Los gases que quedan de esta operación de lavado, se sacan por la parte inferior de la torre y se mandan al calentador de aire.

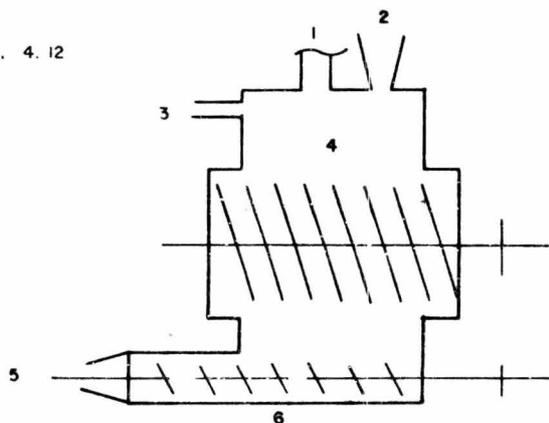
Finalmente el agua se almacena en un tanque.

3).- Proceso de la Sanyo Electric.- Este proceso se efectúa en un equipo que consiste de dos unidades, las cuales se representan en la figura 4.12.

La primera unidad consta de un tornillo de agitación, del cual sirve para mantener uniforme la mezcla alimentada, la cual se funde mediante microondas. Esta unidad cuenta con una salida pa

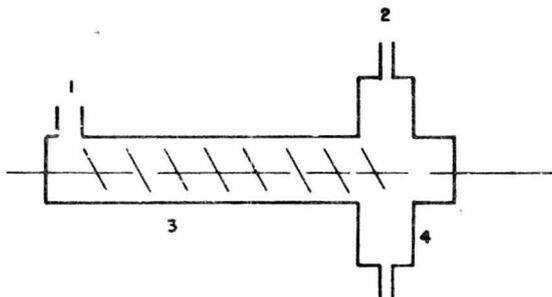
DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DESCOMPOSICION TERMICA
DE DESECHOS PLASTICOS DE LA SANYO ELECTRIC.

FIGS. 4.12



UNIDAD DE FUNDIDO POR MICROONDAS

- 1.- MICROONDAS
- 2.- MUESTRA
- 3.- EXTRACCION DE GASES
- 4.- TORNILLO DE AGITACION
- 5.- RESINA FUNDIDA - CALIENTE
- 6.- EXTRUSOR DE TORNILLO



REACTOR DE. DESCOMPOSICION TERMICA

- 1.- RESINA FUNDIDA - CALIENTE
- 2.- SUSTANCIAS DESCOMPUESTAS
- 3.- ALIMENTADOR DE TORNILLO
- 4.- DEPOSITO DE RESIDUOS

ra gases en la parte superior, mientras que en la parte inferior -- con un extrusor de tornillo para sacar la resina fundida y caliente.

La segunda unidad es un reactor de descomposición térmica -- donde se alimenta la resina fundida procedente de la primera unidad, que va pasando a través del reactor mediante un transportador de tornillo. En la parte final del reactor se encuentran dos salidas, una para las sustancias descompuestas y otra para los residuos.

B.- Reutilización de llantas.- Este tema, al igual que los plásticos, también se trata considerando el empleo de estos desechos sin que se efectúen cambios químicos en su composición y cuando éstos se llevan a cabo.

1.- Reutilización de llantas sin transformaciones químicas de su estructura. En este grupo de sistemas de reutilización de llantas, se consideran aquéllos en los cuales se utilizan las llantas tal como son y los sistemas en los cuales se emplea el material con el que están hechas.

a).- Utilización de llantas desechadas en obras marítimas.- La compañía Boward Artificial Reef Inc., construyó en 1971 un arrecife submarino de 1.5 millas (2.4 Km) de longitud en las cercanías de Fort Lauderdale, Fla., para el cual se utilizaron llantas desechadas como material de construcción.

La compañía considera que las cubiertas de las llantas son-

un alimento excelente para los peces, además de proporcionarles un lugar para el desove. En este proyecto ha cooperado la Goodyear -- Tire & Rubber aportando dinero para equipo para preparación de las llantas, así como asistencia técnica.

b).- Utilización del material de las llantas.- La Firestone Tire & Rubber Co. junto con la Universidad de Rutgers han investigado el empleo del hule que constituye las llantas, para aportar - el crecimiento de alimentos a base de levaduras aprovechables para el consumo humano. También se encontró que el hule pulverizado pue de purificar parcialmente el agua mediante intercambio de iones.

2).- Reutilización de llantas mediante cambios químicos en las mismas.- Dentro de este grupo de sistemas de reutilización, se mencionan en la destilación de las llantas, el empleo de éstas como combustible y otros usos.

a).- Destilación de llantas desechadas.- El Centro de Investigación del Carbón de la Oficina de Minas de los E.U.A., trabajando en cooperación con la Firestone Tire & Rubber Co., realizaron en 1970 un trabajo de investigación para solucionar el problema de la acumulación de llantas desechadas, del cual se obtuvieron resultados promisorios. El proceso investigado consiste en calentar las llantas en un recipiente cerrado a 500°C, obteniéndose los productos que se enumeran a continuación.

Un gas de alto valor calorífico comparable al del gas natural. Este gas se obtuvo a razón de 1500 pies cúbicos (42.48 metros

cúbicos) por tonelada de llantas alimentada.

Un aceite conteniendo substancias tales como benceno, tolueno, xilenos, nafta y otras substancias; a razón de 140 galones --- (530 lt) por tonelada de llantas alimentada.

Finalmente, un residuo sólido que puede emplearse como combustible, como empastador de partículas o como medio filtrante para el tratamiento de desechos.

b).- Utilización de llantas desechadas, como combustible.-- La compañía Goodyear Tire & Rubber inventó un quemador que utiliza llantas desechadas como combustible, resolviendo en esta forma los problemas de disposición de los desechos sólidos y la escasez de combustible simultáneamente.

El quemador se alimenta con 3000 llantas por día, opera a temperaturas superiores a los 1800°F (982°C) y genera más de 3,000 libras de vapor (13,620 Kg) por hora.

La contaminación del aire se evita mediante un lavado de los gases con agua y otros métodos de tratamiento de efluentes, excluyendo el precipitador electrostático.

c).- Otros usos de las llantas desechadas mediante transformaciones químicas. La U.S. Rubber Reclaiming Co. encontró que una substancia fabricaba a partir de llantas viejas puede utilizarse para prevenir escurrimientos y agretamientos de las carreteras de asfaltos. Esta compañía también ha sugerido que los productos de procesos de llantas desechadas pueden utilizarse como acondicionadores de suelos.

C A P I T U L O V

REUTILIZACION DEL PAPEL

Los desechos de papel se han reutilizado desde hace algunos años recirculándolos al proceso industrial para producir nuevamente papel; sin embargo existen varias causas que limitan dicha recirculación, siendo la principal de ellas la contaminación de los desechos de papel por otros cuerpos, algunos de los cuales pueden removerse fácilmente de la masa del papel en los sitios de recolección, como: arenas, vidrios, partículas metálicas como restos de alambre, clips y grapas; así como también trozos de madera y de plástico y ligas. Existen además algunos contaminantes fijos que constituyen alrededor del 10% del total del papel, tales como tintas, barro, papel de aluminio y estaño, sustancias adhesivas y revestimientos plásticos, los cuales dificultan la recirculación del papel y cuando pueden quitarse constituyen un nuevo problema de contaminación.

Otra limitación para la reutilización de desechos de papel es la reducción del tamaño de las fibras del papel recirculado, motivo por el cual el producto obtenido tiene una resistencia menor, y es necesario agregarle alguna cantidad de material nuevo para darle la resistencia requerida, tal como sucede con las cajas de cartón fabricadas con papel recirculado.

También deben mencionarse los problemas financieros involucrados en la reutilización de los desechos de papel, ya que los --

costos de recolección, clasificación y transportación de los mismos, constituyen un porcentaje elevado de los costos de producción.

A pesar de las limitaciones mencionadas, se reutilizan los desechos de papel, principalmente los obtenidos de las siguientes fuentes:

1.- Desechos de las fábricas de papel y de las de cartón, así como también de las impresoras.

2.- Cajas de cartón corrugado recolectadas de plantas industriales y de almacenes.

3.- Periódicos de agencias editoriales y del público.

4.- Papel escrito procedente de oficinas.

Existe además en los Estados Unidos una planta que quita adhesivos y revestimientos plásticos del papel para poder reutilizarlo.

PROCESO DE RECUPERACION DEL PAPEL.

El proceso que se describe a continuación para recuperar las fibras del papel, es esencialmente el mismo que se emplea en diferentes partes del mundo y se lleva a cabo en las siguientes operaciones:

1.- Recolección.- En los basureros se escoge el papel manualmente, se recolecta y se empaca para enviarlo a las fábricas.

2.- Clasificación.- Después de pesar el papel, las pacas que lo contienen se vacían manualmente en los transportadores de clasificación, situados generalmente en los pisos altos de las fá-

bricas. Situados a ambos lados de los transportadores, se encuentran empleados que escogen las diferentes clases del papel, colocando las mejores en recipientes situados a su lado. La velocidad de la banda transportadora se gradúa de acuerdo a la cantidad de papel que mueve y al número de empleados que trabajan en la operación. El papel que queda en la banda va a caer a un enorme tambor donde se tamizan polvo, barro y otras sustancias extrañas. Todos los contaminantes como hule, cuero, lana, seda, pinturas y grasas son removidas, así como también cuerpos metálicos tales como grapas utilizadas para encuadernar.

El papel pasa también a las tolvas de donde se saca para empaquetar y mandarlo luego al procesado de las fibras.

3.- Separación por colores.- Las pacas de papel se deshacen y se colocan en unas bandas transportadoras donde se les rocía una solución de sulfato de anilina. Si algún papel de desecho se decolora debido a este proceso del rociado, se desecha dicho papel. Esta prueba química se hace para averiguar la presencia de partículas de madera en el papel; las cuales son sustancias indeseables y decoloran el papel debido a la lignina que contienen. Estas partículas de madera se envían a fábricas que las utilizan para manufacturar papel de envolturas, ya que en este tipo de papel la decoloración no tiene mayor consecuencia.

Después de esta prueba, la banda lleva el papel de desecho a una máquina en donde es trillado, desmenuzado y separados en ho-

jas individuales. El desmenuzado se hace pasando el papel entre unos rodillos provistos de dientes escalonados. El papel se pone en unos carros donde se agita. Después se hace pasar por un cilindro para separar el polvo y en donde es golpeado rápidamente por un martillo fuerte, y después se arroja sobre un tamiz.

Una vez concluido el proceso anterior, el papel se somete a cocción, se le quita la tinta y se reduce a pulpa de fibra. La cocción se efectúa en calentadores cilíndricos o esféricos, abiertos y rotatorios; o en máquinas de cocción horizontales.

4.- Destintado.- El ingrediente básico en la mayor parte de los procesos de destintado de libros, revistas y papel en general, es la sosa cáustica suministrada a razón de 3 a 5% en peso sobre la base de papel seco.

El papel se mezcla con agua caliente y sosa cáustica en un tanque centrífugo o en una quebradora de martillos, y que operan a un rango de temperaturas entre 120° y 210°F (49° y 99°C). El papel se hace pasar a través de extractores con perforaciones de 3/8 a una pulgada (0.954 a 2.54 cm.). Este proceso inicial puede ser continuo o intermitente. La consistencia del papel es de 4 a 9%.

Posteriormente, el papel se somete a cocción en un cocedor estacionario o en cajas de cocción, a temperaturas entre 160° y 210°F (71° y 99°C). La mayor parte de estos sistemas utilizan bombas para circulación, la cual en muchos casos descarga sobre una

superficie.

Una buena circulación es de especial importancia en la fase de cocción, la cual dura 2 a 4 hr. Muchas fábricas combinan la --- cocción con una desintegración inicial, eliminando en esta forma - cocedores estacionarios o cajas de cocción. También en algunos ca- sos el papel se hace pasar a través de un refinador durante esta - fase, haciendo posible períodos de cocción relativamente cortos.

La pulpa desteñida debe separarse del licor de cocción me-- diante un filtro de vacío. El líquido caliente recuperado contiene álcalis y jabones de resinas y ácidos grasos, puede reutilizarse - para desintegración inicial y para cocción.

Sigue una refinación o una desintegración final; esta fase- puede combinarse con la cocción. Puede usarse cualquier tipo de re- finador, resultando una pulpa con una consistencia de 4 a 8%. Si-- gue una remoción primaria de lodos pesados, usando escofinas encor- vadas, conos de asentamiento o equipo de caída de presión centrífu ga en un proceso continuo, resultando una pulpa con una consisten- cia de aproximadamente 0.75%.

Después se emplean también tamices gruesos o vibratorios pa- ra quitar cuerpos extraños tales como argollas, clips, arenas, ri- betes de plástico, papel celofán, pedazos de cuerda, papel resis-- tente a la humedad, etc., con una consistencia también de alrededor de 0.75%.

A continuación se lava la pulpa sin blanquear, cuando ya se

han separado los sólidos disueltos y los suspendidos.

Se utilizan lavadoras tipo Decker de unidades múltiples con rodillos acostados en la fase del lavado. En esta fase también se cambian ocasionalmente lavadoras de vacío. En esta etapa la consistencia aumenta de 0.75% hasta 9%.

5.- Pulpadora continúa.- Una pulpadora continúa con quebradora y tamiz perforado permite que sólo pase el material bien pulpaado a las escofinas centrales. Aquí se quitan argollas, clavijas, etc., antes de que la carga pase a los tamices Johnson. La pulpa también pasa a través de un selector, el cual aparta los objetos rechazados sobre un tamiz plano.

La pulpa buena después pasa por una lavadora de 3 etapas y entra al sistema de la máquina del papel. Existen 2 líneas lavadoras y en la etapa final se emplea agua fresca. Un flujo a contracorriente utiliza el agua sucia de la tercera etapa como diluyente para la segunda y el agua sucia de la segunda como diluyente para la primera; el agua de la primera etapa va al caño, siendo la única agua que se desecha.

6.- Blanqueado común en 3 etapas.- La primera etapa se lleva a cabo con licor blanqueador de hipoclorito de sodio o de calcio; la segunda etapa se utiliza una fase de cloración seguida por un baño antes de la etapa de hipoclorito. La tercera etapa incorpora una fase de extracción cáustica precedida y seguida por lavado entre los tratamientos de cloración y con hipoclorito. La pulpa blan

queada tiene una consistencia 4.5 a 7% y se efectúa en un período de 2 a 4 hr.

Del blanqueado sigue un tamizado fino empleando tamices planos o rotatorios con 8, 10 y hasta 12 placas de tamices. Los desechos del tamiz plano deben retamizarse sobre tamices de desechos.- La pulpa aceptada debe regresarse delante del tamiz plano primario y hacerse pasar otra vez a través de todo el sistema de tamizado.- Los tamices primarios planos deben sustituirse por tamices rotatorios y centrífugos, pudiendo usarse perforaciones de 44 a 55 milésimas de pulgada (0.112 a 0.140 cm.).

La pulpa destañida y blanqueda se pasa después a lavarse y engrasarse en lavadoras de vacío. En este paso, las lavadoras de vacío son superiores a las lavadoras tipo Decker, debido a que solamente son removidas impurezas solubles. El uso de equipos de vacío reduce al mínimo las pérdidas de fibras.

En algunas fábricas se práctica la desintegración de alta densidad en un grado limitado. El papel de desecho se alimenta junto con sustancias químicas, agua y vapor de agua a una pulpadora de tipo Lannoye; se desintegra y se destiñe en la pulpadora y descarga continuamente a una consistencia de 30 a 35%, y una temperatura entre 155° y 200°F (68° y 93°C). El procesado a alta densidad es continuado por cocción a baja densidad y una refinación para obtener el destañido. La cocción generalmente se lleva a cabo en una caja de cocción.

Después de este proceso la fibra del papel se encuentra lista para el procesado final de la fabricación del papel. Las fases sucesivas de la fabricación del papel comprende tamizado, prensado, alisado, secado, satinado y enrollado.

Los principales productos de papel reciclado son: cartones para fabricar cajas y otros tipos de recipientes, plafones para techos y recipientes de papel moldeado; algunos tipos de papel más fino como papel para escritura y para impresión, pueden utilizar papel de desecho procesado en composiciones que van del 10 al 100% de dicho papel.

A.- Algunos procesos para recuperar papel.- Estos procesos recuperan los desechos de papel para fabricar pulpa mediante un proceso similar anterior.

1.- Proceso de la Asociación de Investigación y Desarrollo de Cajas de Cartón de los E.U.A.- En este proceso primeramente los desechos de papel se vuelven a hacer pulpa mezclándolos con agua.- Esta mezcla consiste de 3 partes de papel y 97 de agua, se hace por agitación en un tubo muy grande mediante una hidropulpadora, semejante a una batidora de huevo, a una temperatura de 100°F (38° C). Debido a que la fuerza de agitación es muy grande, las hojas de papel se rompen hasta formar pulpa, la cual se drena del fondo del tubo a través de hoyos de 1/8 de pulgada (0.32 cm.), permitiendo en esta forma que puedan separarse muchos contaminantes no fibrosos. Los pedazos de cuerda y de trapo se enrollan alrededor de

una cuerda que cuelga dentro del tubo y en esta forma se sacan. --
Los materiales pesados y las piezas metálicas son arrojados hacia-
los lados del tubo.

Para quitar los materiales pequeños pesados, la pulpa se --
pasa através de los hoyos de 1/8 de pulgada (0.32 cm.), se bombea-
a través de un separador centrífugo. A continuación el líquido es-
forzado a pasar a través de un tamiz grueso con perforaciones de -
0.078 pulgadas (0.20 cm.). La eficiencia de este tamiz se aprecia-
en la gran cantidad de partículas rechazadas a las cuales se les -
da por separado un tratamiento de desfibrado y tamizado. La pulpa-
aceptada se regresa a la máquina pulpadora.

Posteriormente la pulpa se condensa para refinación y alma-
cenado. En este punto la pulpa puede pasar a una operación de dis-
persión mediante asfalto: lo cual permite que se le quite el agua-
para darle una mayor consistencia, calentándola a presión hasta al-
canzar la temperatura de 300°F (149°C), superior al punto de fu---
sión del asfalto, mediante inyección de vapor, debido a lo cual el
asfalto se rompe mecánicamente en partículas pequeñas, inmediata--
mente se enfría para impedir que se aglomere.

Después de condensada, la pulpa se saca del recipiente de -
almacenamiento y se diluye para darle una consistencia muy baja y-
poder usarla en la máquina fabricadora de cartón. En este paso tie-
ne lugar una limpieza final. Un separador centrífugo a alta pre---
sión remueve las partículas pequeñas de material pesado, así como-

las de baja densidad.

La pulpa diluída se hace pasar después a través de un tamiz presurizado que tiene aberturas de 0.014 pulgadas (0.036 cm). para quitar cualquier material de tamaño mauor. Debido a que la fibra - tiende a acumularse sobre estas aberturas, el tamaño efectivo del tamiz es mucho menor de esta medida.

Finalmente la pulpa lavada y diluída fluye a la máquina de combinación de papel y cartón, que consiste en unidades formadoras múltiples. Después de que las fibras se distribuyen igualmente sobre una superficie metálica contínua o sobre una malla, pasan a -- través de un proceso de drenado para quitar el agua de la superfi- cie formadora. Las hojas de papel entran a un secador contínuo que utiliza vapor a presión.

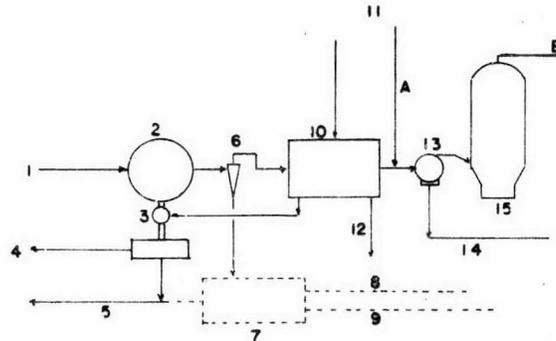
Cada unidad hace una capa delgada de fibras de papel que se combina continuamente para producir una hoja gruesa de cartón. - Empleando un sistema múltiple, se fabrican hojas con fibras blancas y fuertes en la superficie y fibras oscuras y más corrientes en - el interior, utilizando en esta forma una gran variedad de clases- de papel de desecho.

Frecuentemente el cartón se cubre con tiza para darle varie dad para el imprimido y un alto nivel de blancura y brillantez. Se dijo que la calidad de este cartón era excelente.

2.- Proceso de la Black Clawson Co.- Esta compañía de Midd- letown, Ohio, E.U.A. ha operado desde mayo de 1972 un proyecto de-

SISTEMA DE RECUPERACION DE FIBRAS DE PAPEL Y OTROS DESECHOS UTILIZABLES
DE LA PLANTA DE CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE DE FRANKLIN OHIO

FIG. 5.1



- 1.- DESECHOS URBANOS
- 2.- HIDROPULPADORA
- 3.- REMOVEDOR CONTINUO DE CHATARRA
- 4.- METALES FERROSOS RECUPERADOS
- 5.- DESECHOS INORGANICOS NO RECUPERABLES PARA RELLENO
- 6.- CICLON DE LIQUIDO
- 7.- PLANTA DE RECUPERACION DE VIDRIO

- A.- DESECHOS ORGANICOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
- B.- GASES DE COMPLETION A TRATAMIENTO

- 8.- VIDRIO RECUPERADO
- 9.- ALUMINIO
- 10.- RECUPERACION DE FIBRAS
- 11.- AGUA DE PROCESO
- 12.- FIBRA RECUPERADA
- 13.- PRESA
- 14.- AGUA SUCIA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO
- 15.- REACTOR DE LECHO FLUIDIZADO

demostración de una planta de tratamiento y recuperación de desechos urbanos e industriales, bajo el patrocinio de la Oficina de Manejo de Desechos Sólidos de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los E.U.A.

Esta planta situada en Franklin, Ohio, procesa desechos líquidos y sólidos procedentes de las ciudades e industrias de la comarca. Dentro de esta planta se encuentra un sistema para recuperar desechos sólidos reutilizables, entre ellos el papel, para lo cual se cuenta con un equipo para la recuperación de la fibra del mismo.

El sistema de recuperación de desechos sólidos reutilizables tiene una capacidad nominal de 150 toneladas de desechos municipales sin clasificar, por 24 hrs.; el diagrama de flujo se muestra en la figura 5.1.

Operación.- Los desechos urbanos procedentes de los camiones de basura se alimentan sobre un transportador a una hidropulpadora modificada, en donde los materiales pulpables y desmenuzables son reducidos de tamaño hasta que puedan pasar a través de orificios de diámetro de $3/4$ de pulgada (1.9 cm.), de una placa de extracción situada debajo del rotor. Estos materiales son sacados por bombeo y tiene una consistencia de 3 a 3.5%.

Los materiales no pulpables, en su mayor parte latas de estaño, objetos ferrosos y pedazos de vidrio, son arrojados desde la orilla de la hidropulpadora a un removedor de chatarra continuo. Las latas de estaño son apilonadas y los alambres y otros objetos

pequeños se cortan en piezas pequeñas. Este material se lava y los metales ferrosos se separan magnéticamente.

La substancia procedente de la hidropuladora se somete a unas operaciones típicas de la fabricación del papel. La primera etapa consiste en quitar las partículas inorgánicas mayores en un ciclón de líquidos; estas partículas contienen alrededor de 80% de vidrio y 20% de aluminio, otros metales y polvo. El vidrio se concentra después para lavarlo y clasificarlo para la recirculación.

La siguiente operación consiste en desfibrar pequeñas piezas de papel y tamizar substancias orgánicas no desfibrables como plásticos, cuero, textiles, astillas de madera, etc. Esta operación se efectúa en un clasificador VR, que opera a alta velocidad contra un tamiz con perforaciones de $1/8$ de pulgada de diámetro (0.32 cm.).

El material que pasa a través de las perforaciones de $1/8$ de pulgada, se diluye hasta una consistencia de 0.5%, después se pasa a través de un tamiz convencional de fábrica de papel, que tiene aberturas de $1/16$ de pulgada (0.16 cm.). El balance de las fibras duras se quita de esta operación.

La arena muy fina y quebradiza se quita en limpiadores centrífugos y el material limpio se pasa sobre una superficie y otros cuerpos.

El material rechazado de las tres operaciones de tamizado y de los limpiadores centrífugos, consiste en su mayor parte de --

substancias orgánicas no recuperables, se combina con ciertos proce dentes de la planta de tratamiento de aguas negras, se deshidratan hasta en 40% de sólidos en una prensa y se queman en un reactor de lecho fluidizado.

La fibra aceptada del último tamizado se deshidrata, se so mete a cocción con sosa cáustica diluida, se lava, se le quita el agua y se empaca para embarcarla.

A continuación se indican los materiales que se recuperan - en el sistema que se tiene en la planta para ese fin, así como las cantidades de los mismos, trabajando una jornada de 8 hr/día:

Fibra de papel	8 - 10 ton/día
Metales ferrosos	4 - 5 ton largas/día
Vidrio	2 - 3 ton/día
Aluminio	400 - 500 lb/día

Reutilización de la fibra recuperada.- En las pruebas efec tuadas, esta fibra se empleó para fabricar primeramente cartón. -- Las pruebas de este cartón revelaron ausencia de contaminación ba teriológica; así mismo se obtuvieron resultados satisfactorios al emplearlo para empacar metales pesados y compuestos orgánicos clo rados, en comparación con recipientes fabricados a partir de fibras nuevas.

Posteriormente este cartón fue hecho pulpa, tamizado, lim-- piado y blanqueado por métodos convencionales.

La fibra que se obtuvo se mezcló con cantidades variables -

de pulpa virgen blanqueada. El comportamiento de esta mezcla en la máquina de elaboración del papel se encontró normal.

B).- Procesos para separar compuestos plásticos del papel.-- Los desechos del papel y cartón que están impregnados de recubrimientos, adhesivos y ceras eran considerados y aún se consideran como no reutilizables, debido a la dificultad para quitar esos contaminantes y al problema de contaminación que causan cuando se separan de los desechos mencionados. Una compañía norteamericana desarrolló un proceso para remover dichas sustancias y utilizar la pulpa resultante para volver a fabricar papel.

Proceso de la River Side Paper Co.- Esta compañía ha operado desde hace aproximadamente quince años, en su planta de Appleton, Wisconsin, E.U.A., un proceso para quitar adhesivos, ceras y recubrimientos plásticos del papel y del cartón, para recuperar la fibra y usarla en la manufactura de papeles finos. El proceso se denomina "Poly solv" y su diagrama de flujo se muestra en la figura 5.2.

La compañía se vió en la necesidad de diseñar el proceso debido a que carecía de una fuente segura de pulpa de madera manufacturada, por lo tanto tuvo la necesidad de subsanar esa carencia -- empleando las fibras recuperadas de los desechos de papel y en esta forma poderse mantener en el mercado.

El proceso ha sido económico, ya que la pulpa se obtiene a un precio entre 15% y 30% inferior al precio de la pulpa nueva y -

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE RECUPERACION DE FIBRAS SECUNDARIAS MEDIANTE EL PROCESO "POLY SOLV"

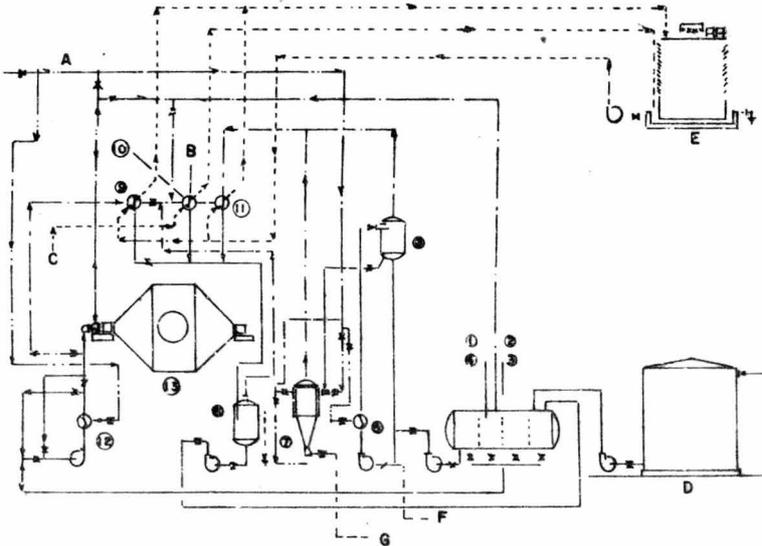


FIG. 5.2

- A.- VAPOR DE AGUA A 125 P.S.I.G.
 B.- AGUA FRIA
 C.- VENTEO
 D.- ALMACENAMIENTO DEL DISOLVENTE
 E.- TORRE DE ENFRIAMIENTO DE AGUA
 F.- COMBUSTIBLE
 G.- SEDIMENTOS AL QUEMADOR
 1.- PRIMER LAVADO
 2.- 2do. LAVADO
 3.- 3er. LAVADO

- 4.- ALIMENTACION CONSTANTE
 5.- CALENTADOR CONSTANTE
 6.- TANQUE DE RECUPERACION
 CONSTANTE POR FLASHEO
 7.- TORRE DE REFINACION CONSTANTE
 8.- DECANTADOR
 9.- CONDENSADOR DEL DISOLVENTE
 10.- CONDENSADOR POR VENTEO
 11.- CONDENSADOR CONSTANTE
 12.- CALENTADOR DEL DISOLVENTE
 EN SECO

NOMENCLATURA

- DISOLVENTE LIMPIO O SUCIO
 - - - VAPORES DEL DISOLVENTE
 - - - VAPOR DE AGUA
 - - - - AGUA

con características semejantes a ésta, tiene además las siguientes ventajas:

1.- Es un proceso en el que se hace el suministro de materia prima en seco y la fibra recuperada es de la misma forma que como entra al reactor.

2.- El tratamiento de los desechos de papel y cartón a temperaturas altas suaviza cualquier resina resistente a la humedad que esté presente, resultando en esta manera una más eficiente formación de pulpa de la fibra recuperada.

3.- El proceso es 100% eficiente para quitar recubrimientos de polietileno, cloruro, de polivinilo, polipropileno, acetato de polivinilo y ceras, así como otros adhesivos.

4.- Es un sistema cerrado, sin problemas de contaminación de aire y agua, ya que los contaminantes separados del papel se queman en los incineradores de la planta.

5.- Los diferentes recubrimientos pueden mezclarse indistintamente.

6.- En el caso de los desechos con impresión, si la tinta está sobre el recubrimiento, la extracción por el solvente lo disuelve y simultáneamente remueve la tinta, dejando la fibra recuperada prácticamente libre de ella.

7.- Las pruebas no han mostrado disminución en la resistencia de la fibra recuperada, con respecto a la resistencia de la fibra nueva.

Descripción del proceso.- Básicamente, el proceso de extrac
ción por solvente se puede considerar que consiste de las tres fa-
ses siguientes:

1.- Disolución.

2.- Recuperación del solvente.

3.- Remoción y utilización de los contaminantes recuperados.

El equipo para el proceso ocupa alrededor de 4000 pies² ---
(2.58m²) de superficie distribuido en cuatro niveles de la planta.

El suministro de desechos de papel a la planta se efectúa -
por medio de pacas con peso aproximado de 1,500 libras (681 Kg) ca
da una, las cuales se transportan por medio de rieles.

la. fase.- Disolución.- El reactor rotatorio se carga con -
envases de leche hechos de cartón con recubrimiento, pedazos de pa
pel procedentes de fábricas u hojas de papel trituradas. Después -
se cierra el reactor y se lleva a cabo el ciclo de extracción en -
tres etapas, utilizando tricloroetileno que sirve como disolvente-
y como removedor de grasas.

La primera etapa de extracción se efectúa con el solvente -
seco, ya que generalmente se utiliza dos veces. La segunda etapa -
se efectúa con el solvente usado y la tercera etapa con el solvente
limpio. Después de cada etapa el solvente simplemente se saca del-
reactor mediante sifoneo , por lo tanto la eficiencia de la extrac
ción es bastante baja.

Durante la operación de carga, el solvente se calienta ins-

tantáneamente en un cambiador de calor, a temperaturas superiores - a los 240°F (116°C). El punto de ebullición del tricloroetileno es- 188°F (87°C).

Dentro del reactor, la temperatura desciende a un rango en- tre 190° y 205°F (88° y 96°C) en las vecindades. La fase de vapor - del solvente sobrecalentado mantiene una presión de operación den- tro del reactor de aproximadamente 15 psig. (1.05 Kg/cm cuadrado)-- En esta etapa no se añade vapor de agua al reactor, sino solamente al cambiador de vapor que calienta el solvente.

Después de la última extracción, el solvente se sifonea a un tanque de semilavado, en la forma más completa posible. Después se alimenta vapor de agua al reactor para quitar los residuos de sol- vente a las fibras. Esta operación se efectúa a una presión entre 8 y 9 psig (0.56 y 0.63 Kg/cm²) dentro del reactor, con el vapor so- brecalentado disponible, y requiere de 60 a 90 min., según la canti- dad de tricloroetileno que permanece en el reactor. Cuando la pre- sión dentro del reactor comienza a bajar, ya no hay más solvente re- cuperable.

Se saca el vapor de agua y se aplica un vacío ligero al reac- tor. Todos los vapores de solvente de esta operación final de lava- do se recuperan en un condensador de agua fría por separado. La mez- cla del solvente y agua condensada se alimenta a un separador de -- agua. El solvente limpio se bombea al tanque de almacenamiento.

La carga, ya libre de solvente y de contaminantes, y ligera-

mente humedecida debido a la operación de lavado por vapor, se --
descarga al siguiente equipo.

2a. fase.- Recuperación del solvente.- El solvente sucio --
recuperado en la primera fase, se alimenta intermitentemente a un-
cambiador de calor fijo con circulación natural, que opera a tempe-
raturas entre 200° y 220°F (93° y 104°C) y a presión entre 6 y 9-
libras/pulg² (0.42 y 0.63 Kg/cm²). Los vapores del solvente se con-
densan en un condensador de agua fría, operándose en un vacío de 2-
a 5 pulgadas (5.08 y 12.7 cm) debido a la condensación. El sistema
también cuenta con un condensador terminal refrigerado.

Los residuos plásticos que tienden a permanecer como una --
masa pegajosa como jalea en el fondo del condensador, se mantienen
fluyendo mediante calentamiento por vapor.

3a. fase.- Remoción y utilización de los contaminantes recu-
perados.- Después de completarse la destilación, las ceras, políme-
ros y aceites se bombean dentro de un tanque para ser incinerados,
o se inyectan a la caldera de la planta para utilizarlos como com-
bustibles.

La capacidad de producción de esta planta es de 12 a 14 tone-
ladas de desecho procesado por día, considerándose que esta capaci-
dad es mucho mayor que la de una planta piloto.

La fibra que se obtiene de este proceso posteriormente se -
pasa a procesos de limpiado y blanqueado, necesarios para obtener-
papel para uso de oficina o de escuela.

C A P I T U L O VI

REUTILIZACION DE VIDRIO

La reutilización de los desechos de vidrio puede efectuarse ya sea recirculándolos al proceso industrial para la fabricación de dicho material, o utilizándolos como materia prima para elaborar otros productos.

A.- Recirculación de los desechos de vidrio.- Para poder emplear los desechos de vidrio en la producción de este material, se necesita tenerlos con alto grado de pureza, para lo cual es necesario separarlos de los desechos de otras sustancias y clasificar los desechos de vidrio.

1.- Separación.- Existen varios métodos de separación, siendo el más sencillo el que se efectúa separando manualmente los trozos de vidrio del resto de la basura, la cual circula por una banda transportadora.

a.- Proceso del Instituto de Fabricantes de Recipientes de Vidrio de los E.U. A.

Este instituto trabajando en cooperación con la Agencia de Protección de Medio Ambiente de E.U.A., desarrolló un proceso denominado "Sistema de Clasificación por Aire en Zig-Zag", el cual utiliza corrientes forzadas de aire para separar la basura en sus componentes, lográndose una buena separación de plásticos y papel del material más pesado. Las muestras que se han obtenido contienen entre 75 y 90% de vidrio; sin embargo existe una dificultad ma

yor para separar el vidrio de algunos metales debido a que tiene densidades muy semejantes.

b).- Proceso de la Oficina de Minas de los E.U.A.- Este organismo ha desarrollado un proceso para separar las diferentes clases de residuos de los incineradores utilizados para quemar desechos urbanos. El funcionamiento de una planta que utiliza este proceso, así como el balance de materiales de la misma y su análisis-económico están ampliamente desarrollados en el capítulo III, ya que en los residuos mencionados se encuentran también varias clases de metales. En el presente capítulo sólo se indica el análisis de costos para la operación de separación de desechos de vidrio de los residuos de incineradores (tabla 6.1).

c).- Proceso de la Black Clawson Co.- Esta empresa, trabajando con la asistencia de la Oficina de Manejo de Desechos Sólidos de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los E.U.A., ha operado desde 1972 una planta en Franklin, Ohio, para tratamiento y utilización de desechos urbanos e industriales. Dentro del sistema de procesado de desechos sólidos de esta planta, se tiene una parte para separar los diferentes tipos de desechos, entre ellos el vidrio (capítulo V).

2.- Clasificación de los desechos de vidrio.- Esta clasificación se hace tomando en cuenta los colores y las clases del vidrio, los cuales son: cristal, vidrio de color ámbar, de color esmeralda, de color verde claro, y ópalo; el cristal a su vez se se-

TABLA 6.1

Costos de operación estimados para la planta procesadora de residuos de incineradores, incluyendo la sección de separación de vidrio. Trabajando 250 toneladas por día de 8 horas de trabajo.

	Costos anual (dólares)	Costos por tonelada de residuos tratado (dólares)
Costos directos		
Materiales	1,100	0.02
Servicios	16,300	0.25
Trabajo	37,400	0.58
Mantenimiento	40,100	0.62
Gastos generales y suministros	<u>23,400</u>	<u>0.36</u>
Total	118,300	1.83
Costos indirectos y fijos	109,700	1.69
Costos totales de operación	<u>228,000</u>	<u>3.52</u>

para en tres categorías; cristal de bórax, cristal de plomo y cristal de cal. El cristal de plomo procede principalmente de cinescopios de televisores, cristal tallado y adornos de cristal; el cristal de cal procede principalmente de recipientes de alimentos, bebidas y medicinas; el cristal de bórax de artículos resistentes al calor.

Entre los sistemas para clasificar el vidrio por colores pueden nombrarse desde el más simple, que es hacerlo manualmente, hasta la -- clasificación utilizando fuerzas magnéticas de gran intensidad, -- operación que se utiliza en la planta de separación de residuos de incineradores de las Oficinas de Minas de los E.U.A., que sólo aña de un costo de 77 centavos de dólar por tonelada, sobre el costo -- de la separación de metales y vidrio, para una planta con capaci-- dad de 250 toneladas de residuos por día, mientras que el benefi-- cio que se obtendría con la venta de los fragmentos de vidrio cla-- sificado sería bastante grande.

3.- Preparación del vidrio de desecho.- Una vez que los de-- sechos de vidrio se han separado del resto de la basura y que se -- han clasificado, se procede a acondicionarlos antes de alimentar-- los al proceso de fabricación de vidrio. Este proceso generalmente se inicia en las negociaciones de desechos de vidrio mediante una-- molienda de los desechos para darles un tamaño de 1/2 a 1 pulgada-- (1.25 a 2.54 cm.), en tal forma que puedan pasar a través de una -- malla número 4. Posteriormente se lavan con agua que contiene las--

substancias químicas necesarias para quitarles cualquier contaminante.

Pulverizado.- En algunas industrias es necesario, pulverizar el vidrio, además del proceso anterior. Debe secarse el vidrio en un secador rotatorio, para después pulverizarlo en un molino de rodillos y luego, mediante un separador de ciclón de aire, separar las partículas que atraviesen un tamiz de 200 mallas; este vidrio es el que se utilizará en la industria.

4.- Utilización de los desechos.- La ventaja de emplear desechos de vidrio en la fabricación de este material, reside no solamente en que aumenta el suministro de materiales vírgenes, sino que se funde más rápidamente que éstos, reduciendo en esta forma el tiempo de fundido en los lotes de horneado.

El vidrio de desecho se utiliza más ampliamente mezclandolo con lotes que tienen una composición primaria aproximada de 75% de arena de sílice blanca, 17% de carbonato de sodio y 7% de cal; sin embargo, la composición del vidrio de desecho en los lotes de fundición no se ha determinado exactamente, debido a que no puede cambiarse fácilmente el tamaño de los hornos; es preferible en algunos casos preparar lotes de fundido con un porcentaje mínimo fijo de vidrio de desecho, en tal forma que los hornos puedan rendir la cantidad considerada como más económica; o la cantidad deseada, a una calidad satisfactoria, proporcionada por el vidrio de desecho, debido a la insuficiencia de la fundición.

B.- Utilización de los desechos de vidrio para fabricar -- otros productos.- El vidrio de desecho se ha empleado para elaborar materiales de construcción principalmente, en algunos casos -- mezclándolo con el asfalto y en otros como complemento de bloques, ladrillos y otros elementos.

1.- Empleo de los desechos de vidrio para fabricar asfalto.- Desde hace algunos años, la Universidad de Missouri - Rolla ha venido investigando el uso de desechos de vidrio como agregado en - la fabricación de concreto asfáltico, trabajando bajo el patroci- nio de la Oficina de Manejo de Desechos Sólidos de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los E.U.A., estas mezclas se les ha denominado "Vidrio-asfalto" (en inglés "Glass-asphalt"). Así - mismo, algunas empresas se han dedicado también a investigar este empleo de los desechos de vidrio. En la Tabla 6.2 se indican los- resultados obtenidos en pruebas de resistencia al deslizamiento - de pavimentos hechos con mezclas de vidrio-asfalto. Dichas prue-- bas se han realizado empleando el Probador Portátil Británico y - remolque de prueba de dos ruedas de la Sociedad Americana de Prue- bas de Materiales. Los resultados obtenidos en dichas pruebas se- consideran aceptables, sin embargo no se ha evaluado el efecto -- que el tráfico pudiese tener en esos valores. El tramo de prueba- de la Owens-Illinois mide 1,000 pies (305 m) de largo y es de dos carriles. En su elaboración se combinaron vidrio de desecho moli- do, asfalto y piedra caliza. Se utilizaron más de 1450 toneladas-

TABLA 6.2

Resultados de las pruebas iniciales de deslizamiento en pavimentos hechos con vidrio-asfalto;

Localización	Fecha de la Instalación	Fecha de la prueba	Método de prueba	Velocidad de prueba	Número de deslizamiento.
Owens-Illinois					
Toledo, Ohio	10/4/69	10/16/69	A.S.T.M. E 274	20 mph (32.2 Kph)	63
Dominion Glass Co.					
Ontario, Canadá	8/29/70	9/70	A.S.T.M. E 274	20 mph (32.3 Kph)	54
Glass Containers Corp. Fullerton, California	10/26/70	3/2/71	A.S.T.M. E 274	40 mph* (64.4 Kph)	58
Universidad de Mi_					
ssouri-Rolla	7/10/70	7/12/70	Probador Portátil Birtánico	---	56

* la prueba se realizó a 25 mph y se convirtió a 40 mph.

de vidrio de desecho de la planta de fabricación de recipientes de dicha firma, de la ciudad de Toledo, Ohio. El tramo de carretera - consta de cuatro capas con las siguientes características: la capa superficial consiste de 60% de vidrio molido mezclado con asfalto, con un espesor no mayor de 1/2 pulgada (1.25 cm); la segunda capa mide 200 pies (61 m) de largo y 6 pulgadas (15.2 cm) de grueso, y consiste en 50% de vidrio y 50% de piedra; la tercera capa mide -- 600 pies (183 m) de largo, 3 pulgadas (7.6 cm) de grueso y está -- formada por una mezcla de 40% de vidrio grueso y 60% de arena, pie dra caliza y asfalto; la cuarta capa mide 800 pies (244 m) de largo y 1 1/4 pulgada (3.2 cm) de grueso, consiste en 35% de vidrio - molido. Un vocero de la compañía indicó que el emplear vidrio de - desecho para pavimentar calles resultaría más barato para las muni cipalidades que pagar para la disposición de ese vidrio y para com prar arena y piedra para los pavimentos.

Se ha observado que las mezclas de vidrio-asfalto tienen la propiedad de fraguar más lentamente que las mezclas convencionales de asfalto. Las mezclas de concreto asfáltico caliente se descar-- gan a los sitios de trabajo a temperaturas que varían entre 250° y- 300°F (121° y 149°C), después es necesario completar la compacta- - ción antes de que aumente la viscosidad del asfalto hasta un punto tal en que dicha compactación fuera imposible. En lugares donde la temperatura desciende considerablemente, el frío es un problema -- que puede causar un contenido elevado de espacios huecos, y por lo

tanto una compactación inadecuada, lo cual provoca un deterioro prematuro del pavimento. Con el objeto de comparar los efectos debidos al tiempo empleado en fraguar, se hicieron muestras para comparar los resultados obtenidos en nuestras hechas con piedra caliza y arenas de río para asfaltos convencionales, y con agregados de vidrio para vidrio-asfalto.

Estas muestras fueron compactadas en molde standard Marshall, en los cuales la base metálica se substituyó por una placa de madera terciada, que tiene una ranura donde hay termopar de cromel-alumel para medir las temperaturas. Las muestras se compactaron suministrando 50 golpes de un martillo estandar en un solo lado; después se pusieron en un horno a 120°C, durante 24 horas para estabilizar temperaturas, antes de ponerlos en un cuarto frío a 0°C. Las muestras permanecieron en los moldes de compactación mientras se tomaban las lecturas de temperaturas, a intervalos de tiempo que variaron de 1 a 50 minutos. Las propiedades de las mezclas se indican en las tablas 6.3 y 6.4.

Los resultados de dos pruebas efectuadas con muestras de dichas mezclas están indicadas en forma gráfica en las figuras 6.1 y 6.2. En la prueba No. 1, el contenido de aire de las muestras compactadas fue casi idéntico para ambas, mientras que en la prueba No. 2 tuvo un contenido mayor de aire la mezcla de vidrio-asfalto; sin embargo, esta mezcla, en las dos pruebas se mantuvo a temperaturas superiores que la mezcla convencional, inmediatamente des-

TABLA 6.3

Graduación de los agregados para estudios de enfriamiento.

Graduación tamaño de la criba	Porcentaje pasado	
	vidrio-asfalto	concreto asfáltico convencional
1/2 pulgada	100	100
3/8 "	87	87
No. 4	61	61
No. 8	46	46
No. 16	36	36
No. 30	28	28
No. 50	17	17
No. 100	10	10
No. 200*	5.5	6.5

(*) Se usó piedra caliza para relleno mineral en mezclas convencionales; mientras que en las mezclas de vidrio-asfalto se usó 1.0% de cal hidratada y 4.5% de polvo de vidrio.

TABLA 6.4

Propiedades de las mezclas asfálticas usadas en estudios de enfriamiento.

Propiedad	Vidrio-asfalto		Concreto asfáltico convencional	
	Prueba # 1	Puebla # 2	Prueba # 1	Prueba # 2
Huecos de aire (%)	3.62	4.79	3.73	3.62
Huecos en el agregado mineral (%)	15.78	15.90	15.78	14.80
Peso de la Unidad compactada (lb/pie ³)	138.9	138.9	138.7	139.6
Contenido de asfalto (porcentaje del peso- total)	5.5	5.5	5.5	5.5

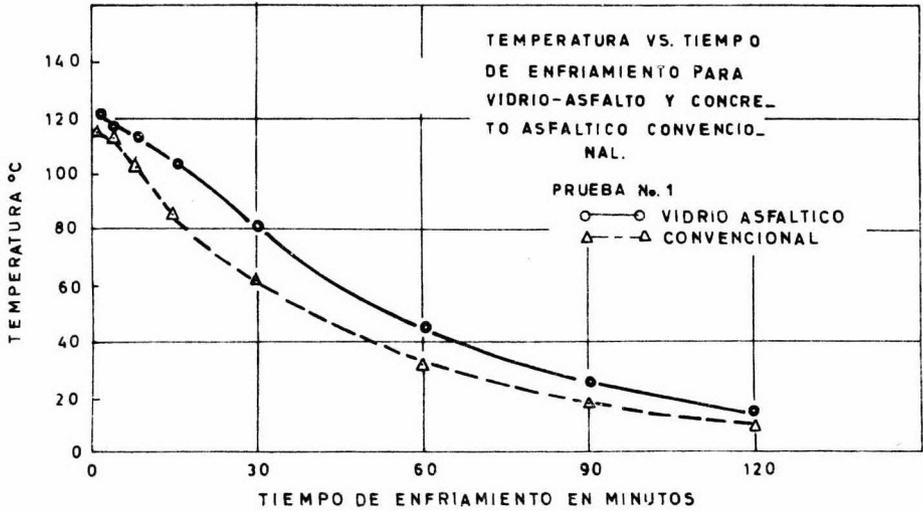


FIGURA 6.1: GRAFICA DE VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO DE "VIDRIO-ASFALTO" Y MEZCLAS CONVENCIONALES.

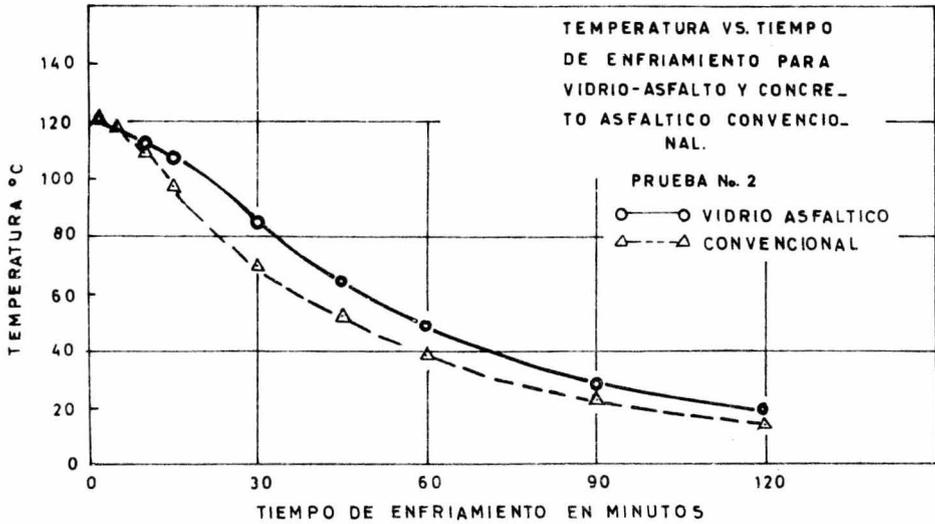


FIGURA 6.2: GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO DE "VIDRIO-ASFALTO" Y MEZCLAS CONVENCIONALES.

pués de que se empezaron a enfriar.

En cuanto al aspecto económico, el mayor obstáculo para el empleo efectivo del vidrio de desecho para fabricar vidrio-asfalto, serían los costos de separación y de algún procesado posterior, para eliminar contaminantes como aros de aluminio, corcholatas y residuos plásticos. Las investigaciones realizadas en cooperación -- por el Instituto de Fabricantes de Recipientes de vidrio de los -- E.U.A. y la Universidad de Missouri, han demostrado que el alumi-- nio presente en los agregados de vidrio, en composición mayor del 1.5% en peso, no causa efectos nocivos en la resistencia o en la cantidad de huecos de las mezclas de vidrio-asfalto.

2.- Empleos de desechos de vidrio para fabricar elementos de construcción.-Se ha investigado el uso de vidrio de desecho, -- mezclándolo con algún material empastador, como la arcilla; en composición que varía entre 10 y 30%, para fabricar elementos de construcción tales como bloques, ladrillos, paneles, tuberías, lozas, etc.

a).- Proceso de la T-A Materials Co.- Esta compañía americana produce ladrillos y bloques de construcción, utilizando vidrios de desecho molido como materia prima.

El proceso empleado por esta compañía, se denomina "Proceso Tech", y consiste en mezclar el vidrio molido con agua, cemento -- Portland y un acelerador químico. Después se alimenta la mezcla a una prensa productora de ladrillos, los cuales una vez que han sa-

lido de la misma, se dejan secar durante un día o más.

b).- Productos del Instituto de Investigación de la Escuela de Minas de Colorado.- Esta institución, trabajando bajo el patrocinio del Instituto de Fabricantes de Recipientes de Vidrio de los E.U.A., ha elaborado unos paneles de 16 pies de largo por 4 pies de ancho, por 4 pulgadas de gruesos (4.9 m por 1.2 m por 10.2 cm), utilizando una mezcla de 6% de arcilla, 13 a 94% de vidrio como medio empastador, y de 0 a 81% de cascajo. Estos paneles tienen una densidad entre 130 y 140 libras por pie cúbico (2.8 y 3.0 g/cm³), dependiendo de la composición utilizada; y una resistencia a la ruptura de 12000 lb/pulg² (844 Kg/cm²). Los paneles con un alto contenido de vidrio pueden pulirse para efectos decorativos.

c).- Productos del Centro Americano de Tecnología del Cemento.- Este organismo ha elaborado pisos utilizando vidrio de desecho como substancia adicional al espesor regular de dichos pisos, pero semejando un nuevo molde.

También este centro ha elaborado unos pisos de 1/4 de pulgada de espesor (0.635 cm), agregando pequeñas cantidades de un polímero a la mezcla. Estos pisos tienen 2 ó 3 veces la flexibilidad de los pisos normales. Este producto suministra un ahorro significativo de peso, lo cual es un factor importante en la construcción de edificios altos.

d).- Proceso de la Sociedad MOX.- En el capítulo de reu-

tilización de plásticos de vió este proceso que también sirve para reutilizar desechos de vidrio.

e).- Fabricación de tuberías.- En 1972 los National Laboratories de Brookhaven, fabricaron una tubería utilizando botellas de desecho trituradas y un polímero, para demostración permanente como parte del sistema de drenaje municipal de la ciudad de Huntington, N.Y. La tecnología empleada para fabricar la tubería puede usarse también para fabricar ladrillos y otros materiales moldeables.

En el proceso, primeramente se trituran las botellas y se mezclan con monómero líquido, sin necesidad de separar de las botellas las marcas y los anexos metálicos. Se añade un iniciador y se deja la mezcla a una vulcanización térmica en un molde.

La compañía encontró que la polimerización térmica es más simple y más económica que la polimerización por radiación inducida.

El compuesto resultante es fuerte, ligero, altamente resistente a la corrosión y manejable con herramientas mecánicas comunes. Cada una de las diez secciones de tubería instaladas en Huntington, mide alrededor de 40 pulgadas (101.6 cm.) de largo, 8 pulgadas (20.3 cm.) de diámetro interno, y tiene un espesor de 3/4 de pulgada (1.9 cm.); tiene un peso de 60 lb (27.24 kg) y contiene el equivalente de 118 botellas de cerveza.

Para los monómeros, los National Laboratories han traba-

jado principalmente con metacrilato de metilo y con una mezcla de 10% de precursores de poliéster y 90% de estireno. Dependiendo de que tan finamente se triture el vidrio, la proporción del monómero que se le mezcla es de 7 a 13%.

3.- Empleo de los desechos de vidrio para fabricar otros productos.

a).- Fabricación de fibra de vidrio.- La compañía Glass-Fibers and Equipment Ltd., de Malvern, Gran Bretaña, está probando en una planta piloto un proceso que utiliza vidrio de desecho como materia prima, y que probablemente tenga costo menores que los procesos convencionales de fabricación.

El sistema de proceso se alimenta con botellas, vidrios, de ventana y otros vidrios de desecho, en un crisol de cerámica para calentarlos y quitarles el gas. El vidrio fundido se hunde, luego pasa a través de unos tubos de aleación de níquel y acero - (en vez de las boquillas convencionales de platino), para formar las fibras.

Los costos de capital de este equipo de fundición y estrado son extremadamente bajos, en comparación con los hornos y boquillas de las plantas convencionales de fibra de vidrio, y posiblemente el nuevo sistema necesite menos mantenimiento. Todo lo mencionado, incluyendo la amortización, excepto los costos de producción, son por lo menos 30% menores. Los crisoles de fundición tienen una vida útil de 3000 horas, según la compañía, la cual se

interesa en vender el equipo y patentar la tecnología.

b).- Fabricación de lana de vidrio.- La Oficina de - - Minas de los E.U.A., está fabricando lana de vidrio para aisla- - mientos, utilizando más de 50% de vidrio de desecho recuperado de los residuos de los incineradores de desechos urbanos y de plan-- tas industriales.

c).- Fabricación de cuentas de vidrio.- Utilizando tam- bién vidrio recuperado de los residuos de los incineradores de de sechos urbanos, la Oficina de Minas de los E.U.A., está fabrican- do cuentas de vidrio para collares.

C A P I T U L O VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez vistos algunos procesos de reutilización de desechos de metales compuestos metálicos y cuerpos que los contienen - plásticos y llantas, papel y vidrio, que se tienen en proceso o en estudio en diferentes países, puede decirse que la reutilización - de algunos de esos desechos es una manera económica de combatir la contaminación de los suelos, debido a la acumulación de los desperdicios urbanos e industriales y al mismo tiempo resolver los problemas de escasez de materiales.

En nuestro país, aún cuando ya se trabaja en la reutilización de algunos de los desechos mencionados por parte de las Industrias correspondientes, todavía es muy escasa en comparación -- con la que se efectúa en países de un alto desarrollo industrial.- Pero aunque la industria mexicana no ha alcanzado el auge que tiene la de los países desarrollados, el problema de la contaminación de los suelos, debido a los desechos de metales y sus compuestos,- plásticos y llantas, papel y vidrio, ya constituye un problema cuya resolución debe buscarse antes de que alcance niveles críticos.

Una solución para la contaminación de los suelos en México, sería la reutilización de algunos de los desechos estudiados - en este trabajo, labor en la cual deben actuar el sector público y el privado, así como también la cooperación de la población.

Tanto el gobierno federal como las autoridades locales -- pueden contribuir a la reutilización de materiales, principalmente por medio de incentivos fiscales, ya sea gravando con algún impuesto a aquellas mercancías cuyo empaque esté hecho de materiales reuti--lizables, o estimulando a las industrias que se dediquen a reutili--zar materiales de desecho. El gobierno federal, a través de los or--ganismos correspondientes, pueden incrementar la investigación so--bre la materia, o adquirir la tecnología disponible en otros paí--ses. Actualmente ya está actuando en la industrialización de los --desechos sólidos, mediante plantas construídas para ese fin, como--es la que está localizada en San Juan Aragón, en el Distrito Fede--ral, que todavía se encuentra en etapas de pruebas, en la cual se--clasifican las basuras de la ciudad que recolectan los camiones --del Servicio de Limpia, para posteriormente ser aprovechadas en --las industrias correspondientes.

La industria privada, en sus trabajos para reducir la --contaminación ambiental puede emplear aquellos desechos de metales y sus compuestos, polímeros, papel o vidrio, cuya reutilización --sea costeable, como materia prima de la misma fábrica generadora --de los desechos, o de empresas nuevas que se constituyan para tal --fin, lo cual generaría mayor número de empleos, así como ganancias a las industrias que reportarían a su vez mayor ingreso al sector--público. También puede el sector privado, financiar programas de--investigación sobre la reutilización de materiales, mediante subsi--

dios a organismos especializados, como pueden ser las universidades.

El pueblo en general puede cooperar en algún plan encaminado a recolectar algunos de los desechos mencionados.

A continuación se indican algunos desechos de metales y sus compuestos, polímeros, papel y vidrio que pudieren llegar a reutilizarse en México:

A.- Metales, compuestos metálicos y cuerpos que los contiene:

1.- Chatarra de acero y de hierro. Una solución a la acumulación de los automóviles y otros objetos de acero desechados, inclusive las latas, y al problema de la escasez del material en nuestro país, puede ser el incremento de la recirculación de esos desechos a las fundidoras.

También puede investigarse la posibilidad de utilizar esos desechos para fabricar bloques con núcleo de acero forrados de concreto, para construcción; así mismo la posibilidad de emplear el proceso de la Ford Motors Co., consistente en calentar la chatarra desmenuzada a temperatura de soldadura, para fabricar láminas enrolladas.

Por otro lado, la chatarra de hierro de bajo grado, puede utilizarse para aprovechar los desechos de minas de este metal, transformando los minerales no magnético al estado magnético, empleando el proceso de reducción-tostación desarrollado por la Oficina

na de Minas del Departamento del Interior de los E.U.A.

Otro proceso que puede emplearse para aprovechar incrustaciones de molino y cenizas de chimenea de fundiciones de hierro-gris, es el proceso de la Komerak Graves & Co., mediante el cuál se fabrican aglomerados en caliente y en esa forma alimentar la escoria a las funciones.

2.- Metales no ferrosos.-

a).- Aluminio.- El incremento del uso de este metal en la elaboración de recipientes, ha causado que en la basura se encuentre en mayor cantidad; por lo que la recirculación del aluminio obtenido de los desechos puede constituir una fuente importante de dicho metal. También los desechos de minas de carbón pueden aportar cantidades significativas de este metal.

b).- Mercurio.- Tanto este metal como sus sales, constituyen un problema grave de contaminación, debido a su toxicidad. El empleo de estos desechos, procedentes de la extracción del metal o de otras fuentes, puede ser una forma de reducir la contaminación que causa, así como una fuente del mismo.

3.- Compuestos Metálicos.-

a).- Silicato de Calcio.- Este compuesto se obtiene como desperdicio en varias industrias extractivas y de transformación.- Una forma económica de reducir su acumulación sería emplearlo para fabricar ladrillos, tal como se hace en los Estados Unidos con el silicato de calcio obtenido en los desechos de las minas de oro de

California.

b).- Oxidos de hierro.- Los desechos de algunas industrias, tanto extractivas como de transformación, contienen cantidades importantes de estos compuestos, cuya reutilización constituiría una fuente importante de materia prima para las fundidoras. Algunos desechos que contiene estos compuestos y que podrían reutilizarse con los siguientes:

1).- Lodo Rojo.- Este desperdicio de la industria del aluminio contiene cantidades importantes de óxidos de hierro. La principal adaptación que podría hacerse al proceso de la Mc Dowell Wellman Engineering Co., que utiliza este desecho para producir acero, sería el sustituir el horno eléctrico de arco sumergido por otro cuyo suministro de energía resultare más económico en nuestro país.

c).- Cenizas de zinc.- Estos cuerpos contienen zinc metálico así como óxidos y cloruros de este metal y de otros elementos, se producen en los procesos de galvanizado; podrían emplearse como fuentes del metal o del óxido, empleando el proceso de la Pacific-Smelting.

4.- Cenizas.- Estos cuerpos que se obtienen como subproducto en la combustión de los carbones utilizados para producir energía en las plantas termoeléctricas, aunque su producción es todavía escasa en nuestro país, sería conveniente reutilizarlos antes de que causen un problema grave de contaminación. Entre los

usos más importantes que se les podrían dar, se encuentran la agricultura y el tratamiento de aguas contaminadas.

B.- Plásticos y Llantas.-

1.- Plásticos.- A pesar de la dificultad que se tiene para reutilizarlos, es conveniente investigar si alguna tecnología disponible en el extranjero puede ser adaptada a nuestro medio.

En general, los procesos de reutilización de plásticos que pueden resultar más económicos, tanto por medio de cambios químicos de su estructura, como por simples cambios físicos, son aquéllos que pueden emplear los desechos plásticos sin necesidad de clasificarlos, ya que los costos de clasificación aumentan los costos totales de producción.

2.- Llantas.- Estos desechos pueden ser reutilizados, ya sea también con transformación química de su estructura, o por simples cambios físicos; ya que actualmente no se cuenta con un sistema efectivo para su disposición, porque al quemarlas al aire libre, traen como consecuencia la contaminación atmosférica.

Algunos usos prácticos de las llantas usadas y que podrían adaptarse a México, son: como material de construcción de arrecifes, para purificar agua y para emplearlas en la construcción de carreteras.

C.- Papel.- Incrementar la recirculación de papel de desecho traería como beneficio, además de la reducción de la cantidad de desechos sólidos la disminución de la falta de árboles pa-

ra obtener materia prima para la fabricación de fibra, lo cuál ayudaría a la reforestación de las zonas boscosas del país, hecho que sería de gran beneficio, debido al grado de erosión en que se encuentra el campo.

D.- Vidrio.- Este desecho se puede reutilizar, ya sea rerecirculándolo al proceso de la fabricación del material, lo cuál -- puede llevarse a cabo en zonas donde se tenga una fábrica de vidrio; o mediante la fabricación de productos que emplean estos desechos como materia prima, que puede hacerse en zonas donde no existe una fábrica de vidrio.

B I B L I O G R A F I A

CAPITULO II

Memoria de la I Reunión Nacional sobre Problemas de Contaminación Ambiental, celebrada en México, D. F. en enero de 1973. Dirección General de Planeación de la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Impresora de - Industria y Comercio, S. A. México, D. F. Tomo I: "La Contaminación Ambiental y los Desechos Sólidos Municipales". M. en C. Pedro Martínez Pereda.

Tomo II: "Industrialización de Desechos Sólidos". Ing. Francisco - Acero Rueda.

Ley Federal Para prevenir y controlar la Contaminación Ambiental. - Secretaría de Salubridad y Asistencia. México, D. F. 1971. "Artículo 27".

Bureau of Mines. Research and Accomplishment in Utilization of Solid Waste. United States Department of The Interior. K. J. Cserve-nyak y C. B. Kenahan.

Chemical Engineering. Mc. Graw Hill Publications. Nueva York, N. Y. 1967 Mayo 8. "Turning fly ash from onus to bonus". Industry & econo-
mic news.

1970 Abril 20 "Fly ash still piling up". News features.

Junio 15 "Closing Plastics' cycle". News features. NPC.

- 1971 Febrero 22. "Cryogenics make it easier to recover steel from-junked cars". Chementator.
- Mayo 31. "Recycling solid-wastes new projects". Chementator.
- Agosto 23. "How to process wastes for metals recovery". Peter Ellwood. International news.
- Septiembre 20 "French process may offer a new twist in capitalizing on junked plastics and glass". Chementator.
- Octubre 18. "Aluminium - from - coalmine - Wastes process -- from Britain". Chementator.
- Noviembre 1. "Chopped-up waste plastics can be used to make - pallets". Chementator.
1972. Agosto 21. "Paper-industry waste material may replace asbestos". Chementator.
- Octubre 30. "A cement plant and its quarry will be turned into a garbage-disposal complex". Chementator.
1973. Abril 16. "Ash- the usable waste". Jon E. Browning. News -- features.
- Modern Packaging. Mc. Graw Hill Publications. Nueva York, N. Y. --
1971. Septiembre "Plastics go to court to overturn New York city-tax". Joseph F. Kalina. Outlook News and interpretation.
- Octubre. "Important government actions", Legislation.

1972. Noviembre. "Important government actions". Legislation.

Package Engineering. Cahners Publishing Co., Inc. Chicago, Ill.:

1971. Septiembre. "European packagers take aim at packaging waste".

Management perspective.

Noviembre. "Calls plastic bottle big target in search for -
way to reprocess plastic". Pulse of Packaging.

New Chemical Concepts for Utilization of Waste Plastics. U.S. Envi-
ronmental Protection Agency. Reporte preparado por M.E. Banks, W.-
D. Lusk y R. S. Ottinger, T.R.W. Systems Group.

Teknisk Tidskrift. The Swedish Engineers Press Ltd. No. 11. Vol. -
102. Junio 5, 1972. Estocolmo. "Recycling of Waste". Lennart Redin.

CAPITULO III

Automobile Scrapping Processes and Needs for Maryland. Department-
of Health, Education and Welfare of U.S.A. 1970. "Technology Deve-
lopments in Scrap Industry".

Resource Recovery from Incinerator Residue. American Public Works-
Association Research Foundation.

Solid Waste Research. United States Department of the Interior. -
Bureau of Mines. College Park Metallurgy Research Center. Max J. -
Spendlove, Paul M. Sullivan y Martin H. Stanczyk.

Chemical Engineering. Mc Graw Hill Publications. Nueva York, N. Y.
1967 Mayo 8. "Turning Fly ash from onus to bonus". Industry & Eco-

conomic news. "Fly - ash debut in brick manufacturing". Raúl Ramírez. Process flowsheet.

- Diciembre 4. "Better use of wastes spurs commercial application of hot briquetting". Michael G. Sheldrick. Process flowsheet.
- 1968 Abril 22. "Garbage: rosy new future as raw material". J.M. N. News Features.
- 1970 Marzo 23. "G.M.'s new process for reclaiming scrap steel - and reconvertng it into rolled sheets". Chementator.
- Abril 20. "Fly ash still piling up". News features.
- 1971 Febrero 22. "Cryogenics make it easier to recover steel from junked cars". Chementator.
- Agosto 23. "How to process wastes for metals recovery". Peter Ellwood. International news.
- Septiembre 20 "Steel from aluminium waste?". Eugene Guccione. News features.
- Octubre 18 "Aluminium - from - coalmine - wastes process -- from Britain". Chementator.
- 1972 Abril 17. "Liquid - Phase Operation can treat gaseous, liquids or solid mercury - containing - wastes, as well as crushed mercury ore". Chementator.
- Junio 12. "Recover zinc from zinc ash". W. P. Ruummler. -- Process Flowsheet.
- Julio .0. "Freeze - dried sludge process from japan offers

both waste handling and product - recovery - - attractions". Chementator.

1973 Abril 16. "Ash - the usable Waste". Jon E. Browning. News-Features.

Octubre 29. "Metal - recovery route is a winner in Britain". News features.

Package Engineering. Cahners Publishing Co., Inc. Chicago, Ill:

1971 Septiembre "Steel companies open new collection centers, -- unveil reprocessing symbol". Pulse of Packaging.

Noviembre. "Portable reprocessing vehicles join litter ---- fight..." Pulse of packaging.

1972 Noviembre. "Step up recycling of steel cans". News of packaging.

1973 Enero "Recyclable aluminium constitutes important energy sources". News of packaging.

Teknisk Tidskrift. The Swedish Engineers'. Press Ltd. No. 11. Vol.-102. Junio 5, 1972. Estocolmo. "Recycling of Waste". Lennart Redin.

CAPITULO IV.

Proceedings of the Solid Waste Resources Conference on Design of - Consumer Containers for Re-Use or Dispcsal. Publicación de los trabajos presentados en el Seminario organizado por Battelle Memorial-Institute, Columbus Laboratories y la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los E.U.A., mayo 12 y 13 de 1971. U.S. Environmen-

tal Protection Agency. 1972. "Thermoplastics in recycling".

K. L. Burgess.

An Environmental Science & Technology reprint book. Solid waste.-
Special Issues Sales. American Chemical Society. "Plastic wastes
yield to pyrolysis". Vol. 2. No. 7. Julio de 1968.

New Chemical Concepts for Utilization of Waste Plastics. U. S. En-
vironmental Protection Agency. Reporte preparado por M. E. Banks,-
W. D. Lusk y R. S. Ottinger, T. R. W. Systems Group.

Automobile Scrapping Processes and Needs for Maryland. U.S. Depart-
ment for Health, Education and Welfare. 1970. "Reutilization of --
Junked Tires".

Chemical Engineering. Mc Graw Hill Publications. Nueva York, N. Y.

1970 Junio 15 "Recovery of Chemical materials from junked ti--
res". Chementator.

1971 Septiembre 20 "French process may offer a new twist in capi-
talizing on junked plastics and glass". Chementa-
tor.

Octubre 18 "And discarded tires will be major construction-
material for an underwater reef". Chementator.

Noviembre 1 "Chopped-up waste plastics can be used to make -
pallets". Chementator.

1972 Mayo 1 "Ford Motor's Hydrolisis process turns scrap po-
lyurethane in junked cars to a source of profit".

Cementator.

Mayo 15 "Goodyear's Jackson Mich., plant patting in a --
new boiler that will be fueled by junked tires".

Cementator.

Mayo 29 "Tires: new approaches for solving the challenge
of how to dispose of old worn-out tires". News -
features.

Diciembre 11. "Will protein-from-tires take a place alongside
protein-from-petroleum as a food source?". Chemen-
tator.

1973 Enero 8 "Expanded polystyrene scrap shrunk for reuse". -
News flashes.

Junio 11 "Recycling: Irradiation enables scrap polytetra-
fluoroethylene to be easily powdered". Chementa-
tor.

Modern Packaging. Mc. Graw Hill Publications. Nueva York, N. Y.

1971 Octubre "Cashing in on plastics scrap". Joseph F. Kalina.
News and interpretation. Outlook.

Package Engineering. Cahners Publishing Co., Inc. Chicago, Ill:

1972 Octubre "Auto maker develops method to recover polyure--
thane". News of packaging.

CAPITULO V

Industrial Wastes and Salvage Conservation and Utilization. Lipsett,

Charles H. The Atlas Publishing Co., Nueva York, N. Y. Capitulo -
11, "Waste paper".

An Environmental Science & Technology reprint book. Solid Waste,-
Special Issues Sales. American Chemical Society. "Waste recycling
really works". Vol. 4. No. 10. Octubre de 1970. Washington, D. C.
E.U.A.

Proceedings of the Solid Waste Resources Conference on Design of-
Consumer Containers for Re-use or Disposal. Mayo 12 y 13 de 1971
Publicación de los trabajos presentados en el Seminario organiza-
do por Batelle Memorial Institute Columbus Laboratories y La Agenu
cia de Protección del Medio Ambiente de los E.U.A. U.S. Environ-
mental Protection Agency. 1972. "Reclamation of plastic paper comu
posites". Safford W. Mc Myler.

Solid Waste Demonstration Projects Proceedings of a Symposium. --
Cincinnati Mayo 4 - 6 de 1971. U.S. Environmental Protection Agenu
cy. 1972. "Fiber recovery through yidropulping". Bernard Eichholz.
Publicación recopilada por Patricia L. Stump.

CAPITULO VI

Industrial Wastes and Salvage Conservation and Utilization. Lip--
sett, Charles H. The Atlas Publishing Co., Inc. Nueva York, N. Y.
Capitulo 3.- "Glass Scrap (cullet)".

Proceedings of the Solid Waste Resources Conference on Design of-

Consumer Containers for Re-Use or Disposal. Publicación de los trabajos presentados en el Seminario organizado por Batelle Memorial-Institute, Columbus Laboratories y la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los E.U.A., Mayo 12 y 13 de 1971. U.S. Environmental Protection Agency. 1972.

"Re-using scrap glass". Ward R. Malisch, Delbert E. Day y Bobby G. Wixson.

"Separation of glass from municipal refuse". R. J. Ryder y J. H. - Abrahams.

Solid Waste Demonstration Projects Proceedings of a Symposium. Cincinnati, Mayo 4 - 6 de 197. Publicación recopilada por Patricia L. Stump. U. S. Environmental Protection Agency. 1972. "Fiber recovery through hydropulping". Bernard Eichholz.

Chemical Engineering. Mc. Graw Hill Publications. Nueva York, N.Y.:

1971 Mayo 31 "Recycling solid-wastes new projects". Chementator.

Septiembre 20. "French process may offer a new twist in capitalizing on junked plastics and glass". Chementator.

Octubr 18 "Junked glass is moving deeper into asphalt- road construction". Chementator.

1972 Octubre 30 "Sewer pipe made from composite of polymer and -- crushed discarded bottles installed as a part of Huntington. N. Y. system". Chementator.

1974 Agosto 5 "Scrap glass is the feedstock for a glass fiber process". Cementator.

Package Engineering. Cahners Publishing Co., Inc. Chicago, Ill.:

1972 Abril "Glass-paved road utilizes waste glass in all -- layers...." Pulse of packaging.

Resource Recovery from Incinerator Residue. American Public Works Association Research Foundation.