

CONSTRUCCION DE PROTOTIPO FUNCIONAL PARA SEPARACION DE
ACEITES Y GRASAS EN PELDAR

Andrés Fernández Jaramillo
Juan Miguel Mejia Aristizabal

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
ÁREA DE DISEÑO TECNICO
MEDELLIN
2007

CONSTRUCCION DE PROTOTIPO FUNCIONAL PARA SEPARACION DE
ACEITES Y GRASAS EN PELDAR

Andrés Fernández Jaramillo
Juan Miguel Mejía Aristizabal

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesor:

Juan Santiago Villegas Lopez
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
AREA DE DISEÑO TECNICO
MEDELLIN
2007

AGRADECIMIENTOS

En la realización de este proyecto, hay mucha gente involucrada directa o indirectamente. A todos ellos queremos agradecerles.

A la compañía Owen's Illinois Peldar, quien nos abrió sus puertas para que pudiéramos llevar a cabo nuestro proyecto. Agradecemos a su excelente talento humano y disponibilidad para la realización del proyecto.

Al ingeniero Juan Santiago Villegas quien fue nuestra guía y nuestro asesor y que nos prestó toda su disponibilidad y ayuda profesional.

A los ingenieros Elkin Florez y Alvaro Diego Jaramillo, Supervisor de Mantenimiento General y Superintendente de Mantenimiento respectivamente, de OI Peldar, quienes prestaron su mayor atención y disponibilidad para el desarrollo del proyecto, además de sus consejos bajo un alto nivel de experiencia.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	13
1. OBJETIVOS	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
2. PROCESO DEL VIDRIO	19
2.1 MATERIAS PRIMAS	19
2.1.1 Pesaje y mezcla de materias primas	22
2.1.2 Distribución de mezcla a tolva de hornos	24
2.2 HORNOS	25
2.2.1 Constitución del horno	27
2.3 FORMACION	28
2.4 ARCHAS	31
2.4.1 Variables del Archa	34
2.5 ZONA FRÍA	35
2.6 EMPAQUE Y BODEGAS	37
2.7 EL AGUA EN LA FORMACIÓN DEL ENVASES DE VIDRIO	39
2.8 GESTION AMBIENTAL EN O-I PELDAR	42
2.8.1 Diferentes tipos de tratamientos para el agua	43
2.8.2 Determinación de contenido orgánico	45
2.9 NORMATIVIDAD NACIONAL VIGENTE PARA AGUAS:	46
2.9.1 Decreto 1594 de 1984	46
2.9.2 Decreto 901 de 1997	49
3. METODO DE SEPARACION DE ACEITES	51
3.1 OIL SKIMMERS CONVENCIONALES	51
3.1.1 Oil skimmer de banda de caucho	51
3.1.2 Oil Skimmer de cuerda de filamentos	53
3.1.3 Oil Skimmer de vertedero	55

3.1.4	Oil Skimmer de discos, tambor y cepillo.	57
3.2	OTROS SISTEMAS DE SEPARACION	61
3.2.1	Tratamiento químico por dispersores	61
3.2.2	Mecanismo de dispersión química	62
3.2.3	Separadores de aceite por medio de filtros	63
3.2.4	Separador de grasas y aceites:	63
3.2.5	Separadores Hidrocarburos - Serie Poliéster:	64
4.	ELECCIÓN DE MÉTODO Y DISEÑO DE MODELO FUNCIONAL	66
4.1	DECISIÓN DEL MÉTODO DE SEPARACIÓN.	66
4.2	PROPUESTAS	69
4.2.1	Propuesta 1	69
4.2.2	Propuesta 2.	73
4.2.3	Propuesta 3.	77
5.	CONSUTRUCCIÓN DEL MODELO, EL OIL SKIMMER	82
5.1	RECURSOS Y MATERIALES	82
5.2	RECURSOS DISPONIBLES EN PELDAR	83
5.2.1	Estructura o chasis	84
5.2.2	Rodillos y Chumaceras	85
5.2.3	Bandas	86
5.2.4	Trasmisión de Potencia	87
5.3	EL OIL SKIMMER	88
5.3.1	Pruebas preliminares	89
5.4	ENSAMBLE	90
5.4.1	Puesta en marcha y montaje	91
5.5	CALCULOS MATEMATICOS	94
5.5.1	Trasmisión de Potencia	94
5.5.2	Relación motor-rodillo motriz	95
5.5.3	Cálculos de consumos de energía del motor:	96
5.5.4	Costo de operación del motor:	96

6.	SITUACION INICIAL VS. SITUACION FINAL	97
6.1	SITUACION INICIAL, RECOLECCIÓN MANUAL	98
6.2	SITUACIÓN FINAL, PROCESO MEJORADO	99
6.3	MANTENIMIENTO Y CUIDADOS DE LA MÁQUINA	100
6.3.1	Mantenimiento preventivo:	100
6.3.2	Mantenimiento predictivo	101
6.3.3	Mantenimiento correctivo y cambio de piezas:	101
7.	DIMENSION COMERCIAL DEL PROYECTO	103
7.1	INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	103
7.2	INDUSTRIA DEL PLASTICO	105
7.3	INDUSTRIA TEXTIL	108
7.4	INDUSTRIA DEL VIDRIO	109
8.	POSIBLES USOS PARA DESECHOS (LODOS)	113
8.1	DESTINO ACTUAL DE LOS LODOS	113
8.1.1	Laminas Filtrantes	115
8.2	LODOS	116
8.2.1	Tipos de lodos	117
8.3	POSIBLES USOS	118
8.3.1	Agricultura y suelo:	119
8.3.2	Aprovechamiento energético:	119
8.3.3	Deposito en vertederos:	121
8.3.4	Otros posibles usos:	121
9.	CONCLUSIONES	122
	BIBLIOGRAFIA	126
	BIBLIOGRAFIA CLÁSICA	126
	BIBLIOGRAFÍA WEB	126

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vidriera Fenicia, 1966	15
Figura 2. Diagrama de recepción de materia primas	22
Figura 3. Composición del vidrio	23
Figura 4. Pesaje y mezcla de materias primas	24
Figura 5. Distribución de mezcla a tolva	25
Figura 6. Vista de un horno de vidrio	28
Figura 7. Gota de vidrio saliendo del alimentador	30
Figura 8. Máquinas IS	31
Figura 9. Envases sobre el archa	33
Figura 10. Sistema de paletizado	38
Figura 11. Sistema de flejado	38
Figura 12. Lodos sobrenadantes	46
Figura 13. Oil Skimmer de banda de caucho.	53
Figura 14. Ciclo de funcionamiento de Oil Skimmer de cuerda de filamentos.	54
Figura 15. Oil Skimmer de cuerda de filamentos	55
Figura 16. Oil Skimmer de vertedero.	56
Figura 17. Oil Skimmer de vertedero.	56
Figura 18. Oil Skimmer estrella de vertedero.	57
Figura 19. Oil Skimmer de discos.	58
Figura 20. Oil Skimmer de cepillos.	59
Figura 21. Diagrama de partes de Oil Skimmer de discos.	60
Figura 22. Proceso de dispersión química.	62
Figura 23. Sistema por filtros de Oil Skimmer.	64
Figura 24. Sistema de by-pass.	65
Figura 25. Bosquejo de posible solución para remoción de lodos.	69
Figura 26. Montaje y funcionamiento de primera propuesta de solución	70
Figura 27. Detalle de ventaja de accesibilidad de propuesta 1.	71

Figura 28. Bosquejo 2 de posible solución para remoción de lodos.	73
Figura 29. Montaje y funcionamiento de segunda propuesta de solución.	74
Figura 30. Generación de ondas de propuesta 2.	75
Figura 31. Bosquejo 3 de posible solución para remoción de lodos.	77
Figura 32. Montaje y funcionamiento de propuesta 3.	78
Figura 33. Transportadores de línea B3	83
Figura 34. Transportadores de cajas	84
Figura 35. Rodillos de bandas transportadoras	85
Figura 36. Banda de casco número 11	86
Figura 37. Banda de superficie rugosa	87
Figura 38. Diferentes tipos de motorreductores en Zona Fría	88
Figura 39. Adherencia de lodos contra banda	89
Figura 40. Ensamble del Oil skimmer	90
Figura 41. Modificaciones de piezas	91
Figura 42. Ubicación en plataforma de tanque	91
Figura 43. Raspador interno y externo	92
Figura 44. Oil skimmer	93
Figura 45. Sistema API, Peldar, Envigado	97
Figura 46. Balde de recolección manual de lodos	98
Figura 47. Recolección con el Oil Skimmer	99
Figura 48. Empate de grapas	101
Figura 49. Diagrama de flujo de lodos	114
Figura 50. Análisis de laboratorio de lodos extraídos de Peldar	117
Figura 51. Posibles destinos de los lodos	119
Figura 52. Diagrama de biodigestor	120

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Gestión ambiental del agua	43
Tabla 2. Normas de vertimiento industrial a un cuerpo de agua	48
Tabla 3. Normas de vertimiento industrial a un alcantarillado	48
Tabla 4. Rata de remoción de oil skimmers por bandas de caucho.	52
Tabla 5. Rata de remoción de lodos de Oil Skimmer de cepillo, disco y tambor.	59
Tabla 6. Matriz de decisión del método de separación más adecuado.	68
Tabla 7. Ventajas y desventajas propuesta 1.	71
Tabla 8. Identificación de partes de propuesta 1.	72
Tabla 9. Ventajas y desventajas de propuesta 2.	75
Tabla 10. Identificación de partes de propuesta 2.	76
Tabla 11. Ventajas y desventajas de propuesta 3.	79
Tabla 12. Identificación de partes de propuesta 3.	79
Tabla 13. Recolección manual vs. Oil skimmer, datos comparativos	100
Tabla 14. Potencial de mercado de la industria automotriz.	105
Tabla 15. Potencial de mercado de la industria del plástico.	106
Tabla 16. Potencial de mercado real de productores de plástico.	107
Tabla 17. Potencial de mercado de la industria textil.	109
Tabla 18. Potencial de mercado de la industria del vidrio.	111
Tabla 19. Precios de materiales nuevos y costo de fabricación.	112

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Tasa retributiva por concepto contaminante	49
Ecuación 2. Movimiento circular	94
Ecuación 3. Ecuación de potencia	96

INTRODUCCION

El vidrio es un producto inorgánico, amorfo, constituido predominantemente de sílice, duro, frágil y transparente, de elevada resistencia química y deformable a alta temperatura.

Las primeras manifestaciones de manufactura de vidrio en Colombia datan de la época colonial, donde Friar Pedro Simón, en sus históricos relatos de la época, argumenta haber sido testigo de éstas manifestaciones en la ciudad de Cartagena, lugar donde los óxidos requeridos para la producción, eran obtenidos a partir de las abundantes algas que reposaban en las costas. En 1810, periodo de la independencia, el señor José Ignacio Pombo, reconocido comerciante y científico de la época, propuso una serie de impuestos proteccionistas en pro de la industria del vidrio local, con el fin de protegerla del abundante volumen de productos de vidrio provenientes de China. Era tal la necesidad de proteger el mercado nacional, que el consulado de Cartagena ofreció un premio de \$1.000 pesos para aquellas personas que establecieran una fábrica de vidrio. (@PELDAR, 2007)

En 1834, el señor Juan María Caballero obtuvo la autorización del gobierno para establecer fábricas de vidrio en el territorio nacional por 10 años, con un período límite de 18 meses para la iniciación de actividades. Al igual que la anterior iniciativa, la compañía fundada por los señores Silvestre Samper y Simeón Martín, cuyos esfuerzos se enfocaron en establecer la primera fábrica de platos de vidrio en el país, fracasaron debido principalmente a las dificultades que se presentaban al importar las materias primas y a la baja demanda del mercado.

El 4 de abril de 1889, la firma denominada Koop y Castillo, adquirió un lote en la ciudad de Bogotá, lugar donde se establecería la Cervecería Bavaria Alemana de Koop. Este hecho se considera como la fundación de Bavaria S.A. El 6 de julio de

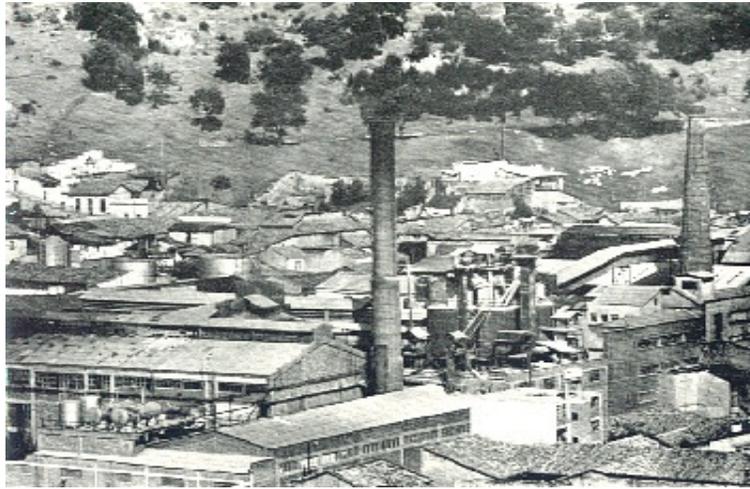
1896, el señor Leo S. Koop inauguró la iniciación de obras de la empresa de vidrio “Fenicia”, ubicada en un antiguo barrio de la ciudad de Bogotá, cerca de la quinta de Bolívar. Dicha iniciativa respondió a las necesidades del mercado, ya que para la fecha los envases importados incrementaron su costo y la demanda de envases de Bavaria no podía depender de mercados externos. En la foto se aprecia una panorámica de Vidriería Fenicia. (@PELDAR, 2007)

En 1881 fue fundada la Compañía Cerámica Colombiana, cuyo objeto era manufacturar productos de porcelana. Al cabo de unos años, en 1898, esta compañía desarrolló la capacidad de manufacturar productos de vidrio, manejando así estos dos procesos. (PELDAR, 2007)

Más adelante, en 1906, la Cía. Cerámica Antioqueña se separa de su línea de producción de vidrio, fundado una empresa nueva llamada Vidriera de Caldas Ltda. Posteriormente esta empresa es comprada por la compañía Greiffenstein y Cía., liderada por los señores Ricardo Greiffenstein y Nicolás Villa. Para el año 1907 esta nueva compañía contaba con 40 trabajadores y producía, jarras, envases, vasos, platos, candelabros, entre otros productos de vidrio. Gracias al final de la primera guerra mundial los costos de maquinaria se redujeron lo cual permitió que se importaran equipos especializados para la manufactura en este sector, lo que redundó en el aumento de la capacidad de producción de esta compañía, llegando a producir 40.000 unidades por semana.

En 1939, Vidriería Fenicia es vendida a los hermanos Pedro Luís y Darío Restrepo Botero, quienes tomaron posesión el primero de junio de ese año y cambiaron el nombre de la compañía, otorgándole uno que hace gala a las iniciales de sus nombres, Cristalería Peldar S.A. En 1947 se inicia la construcción del primer horno de producción continua de vidrio con una capacidad de 30 toneladas por día en Envigado Antioquia. (PELDAR, 2007)

Figura 1. Vidriera Fenicia, 1966



(@PELDAR, 2007)

En 1949 Vidriera de Caldas es disuelta y sus instalaciones son ubicadas en Envigado – Antioquia, nueva planta de Cristalería Peldar S.A. En 1951, la compañía Vidrio Colombiano S.A. es fundada y patrocinada por la firma Gaseosas S.A., cuya planta de producción se ubica en el municipio de Soacha Cundinamarca. Más adelante, en 1954, las directivas de Cristalería Peldar S.A. ven la necesidad de construir una nueva planta de producción, para ello cuentan con las recomendaciones del señor Gerardo Botero Arango, quien sugiere ubicarla en la vía Nemocón – Zipaquirá (Cundinamarca), cerca de unos famosos depósitos de arena, los cuales servirían posteriormente como materia prima para todas las plantas. En 1961 es inaugurada, por parte del presidente Alberto Lleras Camargo la planta de Zipaquirá con la división de vidrio plano, primer proceso de este tipo en el país. Para esa época todo el vidrio plano del país se importaba de Estados Unidos y Europa.

En el año 1960, el empresario colombiano Julio Mario Santo Domingo, determina la necesidad de establecer una planta de vidrio en la ciudad de Barranquilla, debido a la cercanía que tendría con sus plantas de cerveza Águila y Bavaria. Más

adelante en 1963 dicho proyecto se materializa y comienza su operación, siendo propietario Cristalería Peldar S.A. (PELDAR, 2007)

En 1962 Cristalería Peldar S.A. se fusiona con la multinacional Owens –Illinois, compañía manufacturera de vidrio más grande del mundo.

En 1966, Vidrio Colombiano S.A. cambia su nombre a Compañía Nacional de Vidrios S.A.- Conalvidrios, posteriormente en 1977 inicia operaciones en la planta ubicada en Buga – Valle. En este año Conalvidrios adquiere las instalaciones de la antigua planta ubicada en Soacha, cuyo propietario era Gaseosas S.A.

En 1973, la organización Ardila Lülle, adquiere una importante participación accionaria en Cristalería Peldar, lo que le permite hacer parte de la junta directiva. Para esta época la nueva junta directiva abandona la decisión de establecer una nueva planta de vidrio ubicada en la sabana de Bogotá, denominada Postolux S.A.

En el año 1979, en la planta de Zipaquirá se dá inicio a un nuevo proceso, donde se manufactura cristalería, bajo la marca Cristar. (@PELDAR, 2007)

En 1980 es fundada la empresa Favidrios, cuyo proceso manufactura vidrio plano, entrando a competir directamente con Peldar.

En 1982 se da inicio a la campaña de reciclaje a nivel nacional, la cual hasta el día de hoy ha contado con promedios de 150.000 toneladas de vidrio reciclado por año en promedio y generando empleo para 30.000 familias colombianas. Esta campaña sido ejemplo a nivel latinoamericano, copiado por varios países. (@PELDAR, 2007)

En el año 2000 Peldar adquiere a Conalvidrios, sus plantas de Soacha y Buga. Para esta fecha se suspende la producción de envases en Buga, entrando así en un proceso de adecuación para la producción de cristalería. Es allí donde se establece la marca Cristar de Peldar.

En la actualidad Cristalería Peldar cubre en su totalidad el mercado nacional de vidrio, con sus líneas de envases, cristalería y vidrio plano. Aún permanecen algunas empresas dedicadas a la fabricación artesanal de vidrio, tal es el caso de Vidriera de Caldas, fundada en 1958. Además existen fábricas dedicadas a la fabricación de vidrio templado para vehículos de transporte, bombillos para iluminación y vidrio pírex para laboratorios. (PELDAR, 2007)

El proyecto que se plantea a continuación tiene como propósito principal la construcción de un modelo funcional para la recolección de aceites sobrenadantes en el agua con el fin de reutilizarla en una forma más limpia en los procesos de formación de envases de vidrio de Peldar. Este prototipo se construirá bajo algunos principios como los efectos, manejo y normatividad ambiental que tiene O-I Peldar, enfocados en el manejo del agua que por consecuencia del proceso resulta contaminada. Se analizarán diferentes métodos para hacer una limpieza del agua de residuos aceitosos con el fin de elegir el mejor para implementarlo en la empresa teniendo en cuenta la viabilidad y bajo costo. Ya construido el prototipo funcional se validará su funcionamiento comparándolo con procesos existentes de limpieza del agua., conociendo sus bondades se analizará la comercialización y posibles usos de los residuos extraídos en industrias con las mismas necesidades que O-I Peldar.

La realización de las actividades que se desglosan de los objetivos, se reparten entre las dos personas que realizan el proyecto, como se puede apreciar en el cronograma de actividades. Al frente de cada actividad está el nombre de la persona que la realiza.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Construir un prototipo funcional que separe desechos peligrosos tales como aceite y residuos del proceso productivo del agua, para el beneficio industrial de la planta de producción de Peldar. Esto con el fin de limpiar el agua para reutilizarla como refrigerante de piezas utilizadas en el área de Formación.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Revisar los efectos ambientales, la normatividad y operación ambiental actual de Peldar.
- Analizar posibles soluciones al problema de separación de fluidos y grasas, revisando diferentes diseños y posibilidades.
- Escoger el método de separación de fluidos y grasas pertinente para Peldar y diseñar el modelo funcional.
- Hacer un diagnóstico de recursos existentes aplicables a la construcción y construir el modelo funcional.
- Validar el funcionamiento y hacer comparativos vs. la situación anterior para dimensionar la mejora.
- Dimensionar comercialmente el alcance del proyecto para evaluar alternativas de ofrecimiento dentro de la industria local y nacional
- Estudiar posibles usos para los desechos seleccionados y separados.

2. PROCESO DEL VIDRIO

El proceso del vidrio se puede resumir en tres grandes etapas, recepción de materias primas, formación y selección, también se reconocen por su área o departamento, como Materias Primas, Hornos, Formación, Archas, Zona Fría y Empaque y Bodegas. (@PELDAR, 2007)

2.1 MATERIAS PRIMAS

La fabricación de envases de vidrio es un proceso que involucra una gran cantidad de variables. Cada una de estas variables es fundamental para que la producción de un envase cumpla los estándares de calidad.

El proceso productivo del vidrio comienza con la selección de las materias primas mayores o básicas: arena, soda, feldespato y piedra caliza, todos ellos de origen natural y disponible en diferentes formas, dependiendo de éstas se someten a numerosos tipos de procesos para convertirlos en materiales aptos para su uso dentro de la manufactura del vidrio.

La etapa de recepción y posterior almacenamiento de las materias primas, hace posible que el producto final se obtenga a partir de diferentes elementos, los cuales mezclados en una proporción determinada, brindan unas características físicas y químicas óptimas para poder lograr un material de calidad. (@PELDAR, 2007)

El proceso de transporte y llegada de materias primas a la planta está sujeto al tipo de materia prima que se va a recibir, a continuación se enumeran los diferentes tipos de materiales con las que se cuenta para este proceso:

- Arena: es el principal ingrediente de la mezcla y es el que realmente constituye el vidrio. Para fundir la arena se necesitan temperaturas superiores a

- 2.000°C por lo cual se usan otros ingredientes para ayudar a fundirla a temperaturas alrededor de 1.500°C. (@PELDAR, 2007)
- Soda: el carbonato de sodio (soda) se usa como fundente. Permite fundir la arena y los otros componentes a temperaturas inferiores a 1.600°C.
- Caliza: facilita el trabajo de las máquinas que le dan forma al vidrio y también ayuda en el proceso de fusión de la mezcla en el horno.
- Feldespato: suministra la alúmina, la cual hace resistente el vidrio al ataque de las sustancias que se van a envasar en él, ó al ataque del medio ambiente. Además proporciona una buena rapidez de enfriamiento de la capa de vidrio que hace contacto con el molde que le da la forma.
- Casco (vidrio para reciclaje): sirve como fundente y se utiliza en la mezcla en porcentajes que varían de acuerdo con la disponibilidad.
- Componentes menores (sulfato y carbón): brindan estabilidad química a la composición.

Una vez que la materia prima llega a la planta, se debe reconocer la forma como viene embalada, pues en algunos casos se transporta a granel y en otros, viene empacada en costales. (@PELDAR, 2007)

Por lo general la arena, la caliza, el feldespato y la soda vienen almacenados directamente en los camiones de carga; por el contrario los componentes menores y el casco, vienen empacados en costales de fibra. Las materias primas que llegan a granel, se reciben en un sistema que canaliza el material a través de un tornillo sinfín para ser llevado a una tolva; este sistema se conoce como Sistema de Recepción de Materias Primas.

El material que llega en costales se recibe por operarios, quienes, una vez desempacado el material, lo depositan directamente en el sistema de recepción de materias primas.

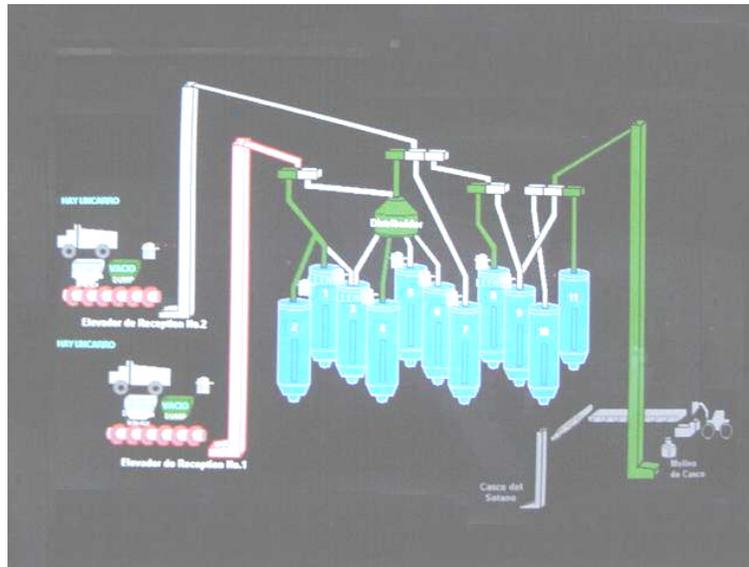
Después de tener la materia prima en las tolvas, ésta es llevada hacia los diferentes silos de almacenamiento, a través de un elevador de cangilones y un sistema de distribución para diferentes canales. (@PELDAR, 2007)

Por su parte el casco es seleccionado por personal encargado de retirar las impurezas que contengan los envases que no requieran ser beneficiados¹. Aquel material que requiere del proceso de beneficio es seleccionado y llevado a la planta para su adecuación como materia prima. Toda vez que se cuenta con el material en condiciones aptas para su ingreso al proceso de reciclaje, es depositado por medio de un cargador de gran capacidad hacia una tolva que conduce este material hacia un molino tipo Hazemag², el cual se encarga de triturar el material y darle un tamaño de partícula aceptable, para ser ubicado en su silo de almacenamiento. (PELDAR, 2007)

¹ *Beneficio*: proceso donde se retienen las impurezas como servilletas, pitillos, tapas o etiquetas que contengan los envases de vidrio y se adecua el material para su reproceso.

² *Hazemag*: molino para triturar grandes piezas de vidrio.

Figura 2. Diagrama de recepción de materia primas



(@PELDAR, 2007)

2.1.1 Pesaje y mezcla de materias primas

Luego de contar con las respectivas materias primas ubicadas en cada uno de los silos, se procede a tomar el peso de cada una de ellas para poder obtener la proporción que se necesita de cada una estas con el fin de lograr una correcta mezcla. Este proceso se lleva a cabo en un sistema computarizado que toma el peso y controla la proporción de los materiales en la mezcla. (@PELDAR, 2007)

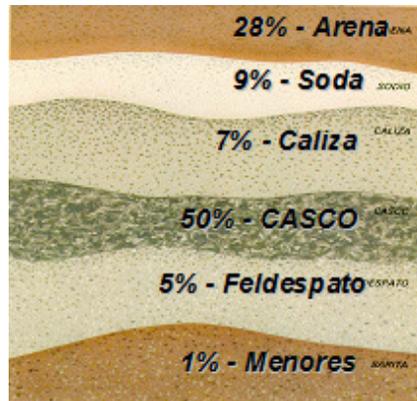
La máquina pesadora determina los porcentajes de cada materia prima para luego depositarla en un conveyor³. De aquí es llevada por un elevador de mezcla y posteriormente depositada en una máquina mezcladora, la cual se encarga de homogenizar los componentes y distribuirlos uniformemente.

Cabe anotar que en esta etapa también son aportados los componentes menores (sulfato y carbón), directamente por operadores y en pequeñas proporciones.

³ Conveyor: Banda transportadora o transportador horizontal.

Estos materiales son llevados a unas respectivas pesadoras a través de un sistema de flexicones⁴, los cuales son unos tornillos sinfín introducidos en una tubería flexible. (@PELDAR, 2007)

Figura 3. Composición del vidrio



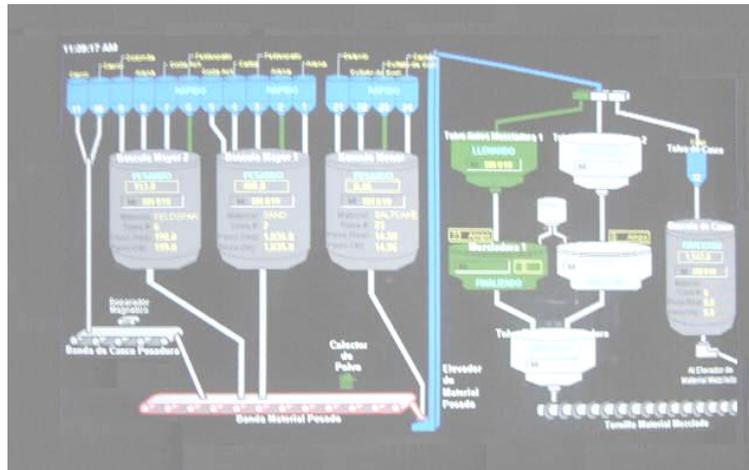
(@PELDAR, 2007)

Tan pronto como se tiene la mezcla homogenizada de las materias primas se procede a adicionarle el casco, de acuerdo con el porcentaje con el que se quiera contar de este material. Este porcentaje varía entre 35% y 50%.

El casco es llevado a su respectivo silo e incorporado a la mezcla únicamente hasta esta etapa del proceso. Aquí se mezcla nuevamente con el resto de las materias primas y es llevado hacia los alimentadores que ingresan los materiales al horno.

⁴ *Flexicones*: Tornillo sin-fin de marca Flexicon el cual se encarga de transportar la materia prima del vidrio.

Figura 4. Pesaje y mezcla de materias primas



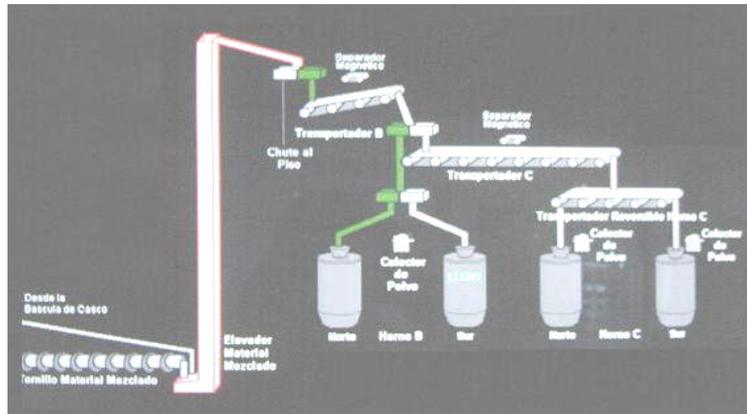
(@PELDAR, 2007)

2.1.2 Distribución de mezcla a tolva de hornos

Teniendo la mezcla lista de todos los materiales que componen el vidrio, se procede a llevarlos a través de una serie de conveyor o bandas transportadoras y posteriormente distribuirla a los diferentes alimentadores que ingresan la mezcla al horno. (@PELDAR, 2007)

Estos alimentadores son máquinas que se encuentran ubicadas debajo de las tolvas y los cuales a través de una serie de motores impulsan una pala que empuja e introduce el material al interior del horno. Por lo general cada horno cuenta con dos alimentadores.

Figura 5. Distribución de mezcla a tolva



(@PELDAR, 2007)

2.2 HORNOS

La cantidad de hornos dispuestos para la fundición y fusión de los materiales en cada una de las diferentes fábricas que se encuentran en el país, depende del espacio con el que se cuente y la demanda del mercado, pues esta última puede determinar la viabilidad de construcción de un horno nuevo en cualquier momento para cada una de las diferentes plantas.

El horno está construido con materiales refractarios que permiten obtener y conservar temperaturas superiores a 1.500°C . Este tipo de hornos funcionan con gas, electricidad y Fuel Oil. Se requieren este tipo de combustibles para poder lograr elevar la temperatura a 1.500 grados centígrados, temperatura a la cual estos materiales se funden y se fusionan, de igual forma se garantiza el control de la temperatura del vidrio y se afina la mezcla para poder distribuirla a la siguiente etapa del proceso.

Un horno para vidrio es una especie de cuarto cerrado al que llega la mezcla de las materias primas; allí reciben o soportan las llamas de los quemadores y se

funden hasta llenar todo el tanque o cámara de fusión para pasar por la garganta, el cual es un pasadizo o túnel en el fondo del horno que comunica con una cámara de afinación y posteriormente a los canales de los alimentadores. (@PELDAR, 2007)

En las zonas laterales de la cámara de fusión se encuentran los regeneradores, los cuales son filas de ladrillos refractarios dispuestos ordenadamente a lo ancho y largo de una torre, conservando una separación entre ellos. La función de los regeneradores es retener el calor de los gases de combustión que circulan a través de ellos y así conservar la temperatura interna del horno y retener el material particulado de los gases que se emiten por las chimeneas.

El comportamiento del horno debe ser monitoreado constantemente, pues dependiendo de cada una de las variables que aquí se tienen presentes, la calidad del material se puede alterar o mejorar. (@PELDAR, 2007)

Dentro de las variables que se monitorean se pueden diferenciar las siguientes:

- Nivel de la mezcla (vidrio fundido).
- Avance de la mezcla.
- Presión.
- Temperatura.
- Temporización de los ciclos de quemado.

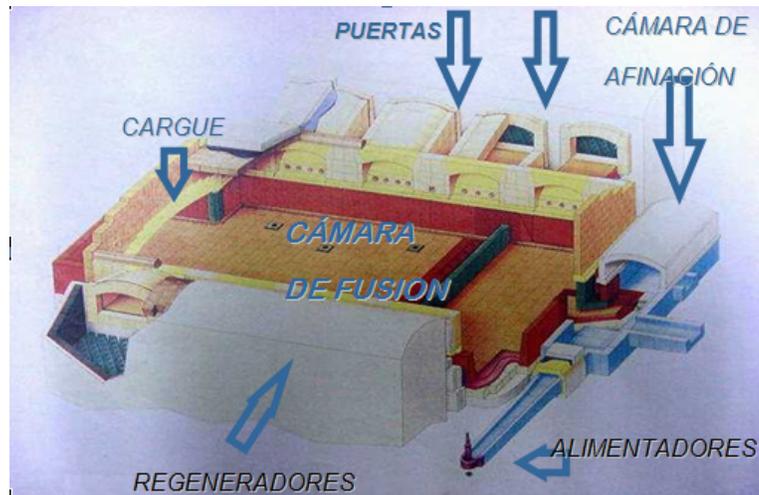
Cada una de estas variables determina la calidad del material que se encuentra en proceso de fundición dentro del horno, y para cada una de ellas se tienen unos rangos de comportamiento establecidos que permiten una tolerancia de variabilidad. (@PELDAR, 2007)

2.2.1 Constitución del horno

- Cargadores: los cuales se encargan de introducir la mezcla de materia prima en su interior proveniente de las tolvas de almacenamiento.
- Quemadores: equipo especializado para generar la combustión del gas o el Fuel Oil y cuya función es fundir el material en la cámara de fusión.
- Cámara de Fusión: en este lugar se lleva a cabo la fusión de las materias primas y el material fundido se desplaza a través de ella.
- Regeneradores: compartimientos especializados para recuperar y aprovechar la temperatura de los gases producidos por la combustión e introducirlos de nuevo al horno.
- Garganta: lugar a través del cual se evacua el material fundido para llevarlo a la siguiente etapa del proceso. (@PELDAR, 2007)
- Cámara de afinación: sección ubicada después de la garganta donde se le aplica un control a la temperatura; buscando con esto reducir o aumentar la viscosidad del flujo dependiendo del caso.
- Alimentadores: canales construidos con refractarios que conducen el material hacia la próxima etapa del proceso.

Los hornos de plantas de vidrio tienen una vida útil aproximada de 12 a 15 años, período durante el cual su actividad no cesa y permanece en constante funcionamiento, puesto que al interrumpir su actividad, el material vítreo contenido dentro de éste, se solidifica en sus paredes restando capacidad de carga; todo esto aunado al gran costo que generaría en combustibles volver a lograr la temperatura necesaria para fundir los materiales. (PELDAR, 2007)

Figura 6. Vista de un horno de vidrio



(PELDAR, 2007)

2.3 FORMACION

Después de salir del horno, el material es conducido a través de los alimentadores hacia las máquinas de formación, más conocidas como máquinas I.S. por sus siglas en inglés (Individual Section⁵). Estas máquinas, como su nombre lo dice, son las encargadas de recibir el material que sale del horno y darle forma de acuerdo a las especificaciones que se tengan. (@PELDAR, 2007)

Las máquinas I.S. pueden variar de acuerdo con el número de secciones con la que cuenta, variando de 6 a 12 secciones.

A la entrada de las máquinas de formación se cuenta con un sistema que permite darle un diámetro determinado al flujo que sale del horno, conocido como tazón, el cual se encuentra provisto por un refractario cilíndrico llamado aguja y unas tijeras especializadas que interrumpen el flujo del material fundido y permiten que se

⁵ *Individual Section*: Máquinas de sección individual

seccione en tamaños manejables llamados gotas. Dichas gotas son llevadas por un sistema de cucharas, canales y deflectores hasta los premoldes; etapa donde se le da la forma al terminado o boquilla; posteriormente es llevada por un mecanismo de inversión hasta los moldes, en donde se le da forma al cuerpo del envase de acuerdo con las características que se necesiten y con las especificaciones que requieran. (@PELDAR, 2007)

Cada sección de la máquina tiene la capacidad de recibir 2, 3 y hasta 4 gotas dependiendo del caso; esto sumado a que las máquinas tienen de 6 a 12 secciones, se pueden lograr unas velocidades de producción, medidas en botellas por minuto entre 200 y 400.

La formación de la gota puede ser controlada o ajustada por las siguientes variables:

- Temperatura del vidrio.
- Velocidad de la máquina.
- Tamaño del anillo del tazón.
- Ajuste de la altura de las cuchillas de las tijeras. (@PELDAR, 2007)

Las máquinas I.S. funcionan con aire, tanto para mover las diferentes partes y elementos que la componen, como para generar el flujo que entra a través de los moldes y los premoldes, presionando la gota y dando forma al envase. Estas máquinas también son sometidas a una constante lubricación para poder garantizar su funcionamiento y buena respuesta a la gota, pues de no ser así, la gota se podría adherir a las paredes de los premoldes y los moldes, estropeando su funcionamiento. (@PELDAR, 2007)

Figura 7. Gota de vidrio saliendo del alimentador



(@PELDAR, 2007)

Existen varios tipos de formación de envases, las cuales dependen de la técnica utilizada para darle forma a la gota, entre ellas están:

- Soplo y soplo: se producen envases de terminados o boquillas menores a 40 mm. de diámetro.
- Prensa y soplo: se producen envases de terminados desde los 40 mm hasta los 89 mm de diámetro.
- NNPB: proceso que cuenta con más tecnología, permite altas velocidades y envase livianos, diámetros de terminado entre 25 y 40 mm.⁶ (@PELDAR, 2007)

⁶ *NNPB*: siglas utilizadas para la técnica de formación de envases de cuello estrecho a través de prensa y soplo, *narrow neck press and blow*.

Figura 8. Máquinas IS



(@PELDAR, 2007)

2.4 ARCHAS

Una vez formado la masa de vidrio, el envase sufre un choque térmico debido a los altos gradientes de temperaturas originados por la temperatura de masa de vidrio que proviene desde los hornos hasta su formación y la temperatura ambiente; dicho choque térmico origina esfuerzos residuales sobre la estructura cristalina del vidrio, lo que sumado a un esfuerzo externo ocasiona la ruptura del envase.

Para eliminar dichos esfuerzos ocasionados por el choque térmico, el envase de vidrio debe ser sometido a un tratamiento térmico denominado RECOCIDO, cuya finalidad es recalentar el envase a una temperatura donde la estructura cristalina del vidrio se encuentre libre de esfuerzos residuales y luego de manera gradual enfriar el envase hasta temperatura ambiente, garantizando la mínima creación de esfuerzos residuales que no excedan la resistencia mecánica del envase.

(@PELDAR, 2007)

El recocido de envases se lleva a cabo en hornos llamados archas, estos hornos cuentan con varias zonas de calentamiento que pueden funcionar utilizando quemadores de gas o resistencias eléctricas y su finalidad es recalentar el envase de vidrio por encima de la temperatura libre de esfuerzos para luego enfriarlo gradualmente. Después de que el envase atraviesa las zonas de calentamiento, ingresa a las zonas de enfriamiento, proporcionándole estabilidad térmica para que posteriormente en los tratamientos químicos aplicados, no se originen fisuras debido al choque térmico ocasionado cuando el fluido interactúa con el envase.

Las archas normalmente miden 24 metros de largo por 6 metros de ancho, cuentan con cuatro zonas de calentamiento, tres de enfriamiento y una zona de transición, en la cual se puede calentar o enfriar dependiendo de las condiciones de temperatura en las que se encuentra el envase cuando atraviesa por esta zona. Por lo general la zona de transición se encuentra en medio de las zonas de calentamiento y enfriamiento.

Las variables que se manejan en un archa son temperaturas de calentamiento y enfriamiento, y velocidad de archa, la cual consiste en el tiempo que se desea que el envase permanezca dentro del horno de recocido; cabe anotar que los envases son transportados al interior del horno por medio de una malla transportadora. (@PELDAR, 2007)

Figura 9. Envases sobre el archa



(@PELDAR, 2007)

En la etapa de recocido de envases también se le proporciona al envase una serie de recubrimientos superficiales cuya finalidad es mejorar la lubricidad del envase o disminuir el coeficiente de fricción de la superficie del envase, todo esto requerido para un óptimo manejo en las líneas de llenado de envases.

Las etapas de recubrimiento se realizan primero en caliente (antes de entrar al archa); aquí se aplica una solución que acondiciona la superficie del envase brindándole la rugosidad suficiente para la adhesión de tratamientos superficiales posteriores. Luego se le aplica un recubrimiento en frío (a la salida del archa), donde lo que se pretende con esto es darle brillo al envase, y no permitir que el producto que se va a envasar reaccione con el envase, por ello se tienen una serie de recubrimientos especiales dependiendo si es para comida, licor o bebidas refrescantes. (@PELDAR, 2007)

2.4.1 Variables del Archa

- Velocidad de la máquina: la velocidad de la malla que transporta los envases a lo largo del archa es determinante para un óptimo recocido, ya que al incrementarla o disminuirla, se puede beneficiar o perjudicar la calidad de la producción. Una alta velocidad puede ocasionar la generación de esfuerzos y por el contrario una velocidad muy baja afecta los índices de eficiencia en la producción. De igual forma la velocidad de la máquina afecta la distancia que separa los envases, pues a mayor velocidad se genera una mayor distancia entre estos. Esta variable es muy importante ya que al no tener tan separadas las hileras de envases, permite aprovechar el calor que traen estos desde la etapa de formación, y a través de la irradiación del mismo, se aportan mutuamente entre todos los envases una cantidad de calor considerable. El control de estas temperaturas permite determinar la cantidad de calor adicional que requieren para obtener un buen recocido.
- Control de temperatura: existen dos formas mediante las cuales se le adiciona calor al sistema, dependiendo principalmente del tipo de archa con la que se cuente. Hay archas que funcionan con energía eléctrica y otras que funcionan con gas. El control de la temperatura que se le adiciona al sistema es vital para el recocido ya que si el sistema no tiene la temperatura mínima requerida puede ocasionar pérdidas en la calidad de la producción. Por ello el control de la cantidad de gas que se consume en los quemadores o la cantidad de energía que se le imprime a las resistencias debe ser constantemente monitoreada para garantizar un buen recocido.
- Compuertas del archa: toda archa tiene a lo largo de su recorrido una serie de compuertas ubicadas en su techo, las cuales permiten liberar el exceso de calor dentro de la misma. Estas compuertas se abren o cierran automáticamente,

cuando se detecta un exceso o déficit de calor, dependiendo de la diferencia del valor de temperatura censado con el valor requerido (set points⁷).

Las variables mencionadas anteriormente están relacionadas directamente unas con otras, lo cual indica que una pequeña modificación a una sola de ellas desencadenaría en una serie efectos benéficos o perjudiciales para la producción, por ello es importante que el recocido se dé bajo las mejores condiciones que garanticen unos rangos de funcionamiento óptimos. (@PELDAR, 2007)

2.5 ZONA FRÍA

Después de abandonar las etapas que comprenden el trabajo en caliente, tales como hornos, formación y recocido, se entra a la etapa denominada zona fría, la cual se caracteriza por poseer estrictos controles de calidad para los envases.

Tan pronto como el producto sale del archa, éste es llevado a través de cadenas transportadoras que los conducen a cada una de las máquinas de inspección automática, las cuales, dependiendo de la variable que se quiera analizar, tienen una característica y función determinada, que permite chequear y establecer si se cumple con los requerimientos mínimos de calidad. (@PELDAR, 2007)

Las variables que constantemente se analizan en la inspección automática son las siguientes:

- Altura del envase
- Diámetro
- Uniformidad

⁷ *Set point*, punto de operación programado para la máquina.

- Espesor
- Capacidad
- Presencia de piedras e impurezas en el cuerpo del envase
- Rebabas
- Roscas (terminado del envase)⁸
- Fondo
- Estabilidad

(@PELDAR, 2007)

Estas máquinas funcionan con electricidad y aire comprimido y cada una de ellas posee un patrón de funcionamiento determinado, el cual, dependiendo del atributo, variable o aspecto que se quiera analizar en cada uno de los envases, tiene una característica particular, como se menciona a continuación:

- Las máquinas que verifican la calidad de las paredes del envase (cuerpo, relieve y forma), funcionan con una haz de luz que hace un barrido total de la superficie del envase mientras este se hace girar en su propio eje, verificando así la ausencia de cuerpos extraños y malformaciones en sus paredes. (@PELDAR, 2007)
- Otro tipo de máquinas imprimen aire comprimido al interior del envase y al mismo tiempo sellan su boquilla con el fin de verificar el hermetismo del mismo y las posibles fugas que se puedan presentar debidas a defectos en el terminado.
- La resistencia del envase a presiones externas es analizada a través de una máquina que cuenta con dos rodillos, los cuales giran en sentido contrario y

⁸ *Terminado del envase*, boquilla donde se ubicará la tapa.

hacen pasar el envase por medio de ellos, sometiéndolo a una presión determinada y verificando su resistencia al esfuerzo externo proporcionado. (PELDAR, 2007)

2.6 EMPAQUE Y BODEGAS

Luego de atravesar por la etapa de inspección automática de calidad, los envases son llevados a través de cadenas transportadoras hacia la zona de empaque donde se cuenta con tres etapas.

La primera etapa se conoce como paletizado, pues como su nombre lo dice, los envases son acomodados en estibas bajo un patrón determinado denominado pallet⁹. En esta etapa los envases llegan a un mecanismo receptor el cual se encuentra programado de acuerdo a la referencia de envase que se encuentre corriendo en la línea, ubicando de esta manera un número de envases en filas y un número de filas determinados por tendido. Esta operación se repite varias veces hasta completar el número de tendidos necesarios, uno encima de otro, conformando el pallet. Los tendidos se encuentran separados por láminas de cartón con dimensiones establecidas llamados separadores. (@PELDAR, 2007)

⁹ *Pallet*, patrón de empaque para los envases de vidrio.

Figura 10. Sistema de paletizado



(@PELDAR, 2007)

Sistema de paletizado (Fuente: Programa inducción para visitantes Cristalería Peldar – Planta Envigado)

Después de completarse el pallet, este es llevado a la máquina flejadora, la cual se encarga de brindarle la estabilidad necesaria, a través de fleje o zuncho plástico tensionado, que se ubican a lo largo de sus caras laterales.

Figura 11. Sistema de flejado



(PELDAR, 2007)

Posteriormente, el pallet es llevado a la máquina plastificadora, la cual se encarga de recubrirlo en su totalidad con un plástico stretch o comúnmente llamado chicle. Esto se hace para brindarle condiciones de estabilidad, higiene y control de ingreso de agentes extraños a los envases. El procedimiento se lleva a cabo ubicando el pallet en un plato giratorio, el cual mientras es sometido a un número determinado de giros, se recubre de un plástico dispuesto de arriba abajo, cubriendo la totalidad del pallet. (@PELDAR, 2007)

Con el pallet conformado en su totalidad, se procede a ubicarlo en la bodega de almacenamiento, donde se cuenta con una serie de zonas dispuestas para el almacenamiento temporal de éstos.

Los pallets son llevados por montacargas a la zona que se tenga planeada para su ubicación, de acuerdo con los flujos de producción y a la planeación de la logística que se tenga establecida en ese momento.

Queda pues descrito de forma clara y generalizada, las diferentes etapas que comprende el proceso de fabricación del vidrio, teniendo en cuenta sus características más relevantes, tales como insumos, máquinas, procesos, materias primas, infraestructura, entre otros. (@PELDAR, 2007)

2.7 EL AGUA EN LA FORMACIÓN DEL ENVASES DE VIDRIO

Las áreas en donde se enfoca el trabajo son el área de Formación y Sótano. Formación como lo dice el nombre es donde se forma el envase de vidrio y queda ubicado encima del Sótano, que es el lugar donde caen los envases de rechazo, vidrio fundido y agua. En el Sótano cae agua y vidrio constantemente mezclados, Luego el agua por gravedad es conducida hacia unos tanques de captación localizados allí mismo en el Sótano. (@PELDAR, 2007)

La presencia de aceites en el proceso de formación es constante, desde el momento en que la gota sale del alimentador, hasta que sale de la máquina hacia las archas (hornos de recocido). Las máquinas de formación trabajan principalmente con aire comprimido, casi todos los mecanismos son neumáticos, así que se cuenta con una cantidad considerable de elementos para lubricar en cada una de las máquinas, y cada uno tiene que tener una lubricación constante. Cabe agregar, que los cilindros neumáticos utilizados tiene dispositivos de amortiguación al final de su carrera para evitar golpes bruscos que puedan afectar su vida útil y defectos en producción, estos dispositivos son hidráulicos y es de esperarse que con el tiempo puedan tener fugas y esto haga que haya presencia de aceite contante. (@PELDAR, 2007)

Adicional a esto el aire comprimido también debe ser lubricado en las unidades de mantenimiento. Uno de los factores que se debe tener en cuenta es el caso de los moldes, los cuales también deben ser lubricados constantemente en forma manual con unos escobillones impregnados de aceite para evitar la adherencia del vidrio al molde. Además de todos estos elementos que están en constante contacto con grasas y lubricantes, las temperaturas de trabajo en el área de Formación son muy elevadas, por encima del punto de ebullición del agua, y se produce una constante evaporación del agua, y a este vapor se le adhieren partículas de aceite. Así que cuando este vapor de agua y aceite se condensa resulta la mezcla de fluidos que caen luego al Sótano. (@PELDAR, 2007)

El agua tiene un papel importante durante el proceso, principalmente tiene las funciones de refrigerar los elementos que están en contacto directo con el vidrio fundido, de antiadherente para que el vidrio no se pegue a las canales y de limpieza en los pisos del área de formación. Es de advertir que esta agua no es arrojada a la red de alcantarillado, el agua esta re circulando en un ciclo cerrado que más adelante será analizado. El agua se mezcla con el aceite de diferentes maneras, bien sea de forma directa o indirecta, si se empieza desde que sale del alimentador donde el flujo de vidrio es cortado para obtener las gotas, este corte lo

realizan unas tijeras que tienen que ser constantemente lubricadas con unos sprays que atomizan una mezcla de agua con aceite llamado “agua de tijeras”, ésta agua tiene un porcentaje aproximado de 20% de aceite con el ánimo de lubricar el corte. Luego, haciéndole un seguimiento a la gota, en su caída hasta el pre molde, la gota es transportada por unas cucharas que se lubrican con aceite. Además si se decide rechazar la gota por algún defecto, ésta va al Sótano a través de un conducto más parecido a un “tobogán” con agua constante para que la gota caliente no se vaya a quedar pegada, esta circula constantemente en ciclo.

Debido a lo anteriormente mencionado, el agua y el aceite están en constante contacto, ocasionando una contaminación al agua de una gran variedad de residuos sólidos y líquidos como lo son aceites naturales y sintéticos, jabones, vidrio, limalla, estopas, lodos, entre otros. (@PELDAR, 2007)

El agua contaminada luego de que cae a los tanques de captación en el Sótano es bombeada a los tanques del Sistema API (Procesamiento de hidrocarburos establecido por la American Petroleum Association (API)) que están situados fuera de la planta, estos tanques hacen las veces de trampas de grasas, el agua logra separarse del aceite por diferencia de densidades y se hace una especie de nata en la superficie del agua. El sistema API tiene cuatro tanques, cada uno interconectado en serie con el otro, el propósito de este sistema es que en cada paso de un tanque a otro se remueva a través de mallas y rejillas la mayor cantidad de residuos sólidos. Al llegar al último tanque, el agua todavía conserva la nata con algunos residuos sólidos pequeños que no fueron removidos en los anteriores tanques y es allí donde se crea la necesidad de separar el agua y el aceite porque el agua tiene que seguir el ciclo e ir a Formación otra vez para iniciar una vez más el proceso. (@PELDAR, 2007)

2.8 GESTION AMBIENTAL EN O-I PELDAR

La compañía ha venido adelantando un programa de gestión ambiental enfocada en la producción más limpia, donde los proyectos que se planean y ejecutan comprenden una serie de variables orientadas en:

- Uso eficiente y ahorro de los recursos naturales tales como agua, fuentes de energía, combustibles y materias primas.
- Disminución y control en la generación de residuos sólidos a través de un programa de manejo integral.
- Minimización y control en la generación, manipulación y disposición de residuos peligrosos.
- Identificación, control y disminución de los insumos que revisten un carácter peligroso o tóxico.
- Seguimiento y monitoreo de la calidad de nuestras fuentes de suministro, emisión y vertimientos. (@PELDAR, 2007)

El control que se hace sobre las emisiones y vertimientos en Peldar se realizan sobre los siguientes factores:

- Agua: se cuenta con una planta de tratamiento preliminar la cual remueve materiales contaminantes del efluente y periódicamente se realizan análisis de la calidad de los vertimientos bajo los parámetros establecidos por la legislación ambiental colombiana y a su vez ejecutados por laboratorios acreditados especializados. Dichos análisis son enviados a la autoridad competente para su posterior validación. (@PELDAR, 2007)

- Ruido: se han instalado paneles de aislamiento acústico en lugares estratégicos de la planta para evitar niveles de ruido que excedan los permitidos por la legislación colombiana.
- Aire: los análisis de los gases de emisiones son chequeados periódicamente bajo los parámetros de la legislación colombiana ejecutados por laboratorios especializados y acreditados. De igual forma se controla y calibra la combustión en nuestros hornos para garantizar niveles óptimos de calidad del aire. (@PELDAR, 2007)

Tabla 1. Gestión ambiental del agua

COMPONENTE	FACTORES CONTAMINANTES	PREVENCIÓN (EMISIONES)	MITIGACION	TRATAMIENTO
AGUA	* Agua residual domestica	* Buenas practicas ambientales (evitar verter aceites a alcantarillas)	* Ahorro y uso eficiente de agua (menos vertimientos y menos tratamientos químicos en torres de enfriamiento principalmente)	* Sistema API, Remueve:
	* Agua residual industrial	* Filtros (mallas y rejillas) * Conexión a colectores de EPM.		* Sólidos * Grasas * Aceites

(@PELDAR, 2007)

2.8.1 Diferentes tipos de tratamientos para el agua

Existen diferentes tipos de tratamientos para el agua los cuales son pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

- Pre tratamiento:
Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos

tales como rejas, tamices, desarenadores y desengrasadores. (@WIKIPEDIA, 2007)

- Tratamiento primario:

Tratamiento físico-químico: busca reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química —poco utilizada en la práctica, salvo aplicaciones especiales, por su alto coste—. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica —en sus diversas variantes de fangos activados, lechos de partículas, lagunas de oxidación y otros sistemas— o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final. (@WIKIPEDIA, 2007)

- Tratamiento secundario:

Tratamiento biológico: se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores. (@WIKIPEDIA, 2007)

- Tratamiento terciario:

De carácter físico-químico o biológico: desde el punto de vista conceptual no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características. Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización. (@WIKIPEDIA, 2007)

Las aguas residuales pueden estar contaminadas bien sea por sustancias orgánicas en estado natural (proteínas, lípidos, hidratos de carbono, pigmentos verdes) o sustancias orgánicas sintéticas (Pesticidas y agroquímicos, agentes tenso activos, hidrocarburos halogenuros). (@WIKIPEDIA, 2007)

Las aguas residuales tienen a su vez características específicas que determinan su nivel de contaminación.

2.8.2 Determinación de contenido orgánico

- DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) La D.B.O. representa la cantidad de oxígeno consumido por los gérmenes aerobios para asegurar la descomposición dentro de condiciones bien especificadas de las materias orgánicas contenidas en el agua a analizar. (@FRM, 2007)
- DQO (Demanda Química de Oxígeno). Se define como la cantidad de oxígeno expresado en mg/l. consumido por las materias oxidables en las condiciones de ensayo, contenidas en 1 litro de agua. (@FRM, 2007)

Los lodos sobrenadantes que resultan del proceso que aparecen en el tanque API, son el resultado de toda la contaminación recolectada principalmente en el área de Formación. El problema surge de la necesidad de extraer el lodo que está allí para de alguna manera mitigar el impacto ambiental y no dejar que estos lodos sigan su ciclo junto al agua corriendo el riesgo de tener un problema de salubridad, obstrucción en tuberías, bombas, piezas mecánicas, producción, auditorías, entre otros. La extracción de estos lodos simplemente no se puede pasar por alto. (@PELDAR, 2007)

Figura 12. Lodos sobrenadantes



(@PELDAR, 2007)

2.9 NORMATIVIDAD NACIONAL VIGENTE PARA AGUAS:

La normatividad actual que se maneja en Colombia, para el tratamiento de aguas, se establece en diferentes decretos que son el decreto 1594 de 1984 y el Decreto 901 de 1997.

2.9.1 Decreto 1594 de 1984

Esta norma tiene como objeto establecer el ordenamiento del recurso teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Usos existentes del recurso.
- Proyecciones de uso del recurso por aumento de demanda y nuevos usuarios.
- Establecimiento de modelos de simulación de calidad que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables.
- Criterios de calidad y normas de vertimientos.

- Preservación de las características naturales del recurso.
- Conservación de límites acordes con las necesidades del consumo y con el grado de desarrollo previsto en el área de influencia del recurso.
- Mejoramiento de las características del recurso hasta alcanzar la calidad para el consumo humano. (@PELDAR, 2007)

Así mismo toda actividad, obra o proyecto que requiera incorporar agua durante alguna de las etapas de desarrollo, ejecución u operación, deberá tramitar un permiso de concesión de aguas, el cual limitará la cantidad o volumen otorgado, de acuerdo a lo establecido por la autoridad ambiental.

El vertimiento de las aguas residuales resultantes de la actividad, obra o proyecto, requiere igualmente de un permiso que autorice verter bien sea a un alcantarillado o a un cuerpo de agua. Dicha autorización es otorgada por la autoridad ambiental siempre y cuando se garantice que el vertimiento cumple con los parámetros que se muestran en la tabla 3 y tabla 4 en cuanto a remociones de contaminantes se refiere a nivel industrial.

Cabe anotar que los valores necesarios para obtener el permiso de vertimientos deben ser mantenidos a lo largo del tiempo y en la medida de lo posible aumentar las remociones exigidas, y mejorar el desempeño de cada uno de los parámetros, ya que desmejorar estas variables puede generar una sanción monetaria e incluso la suspensión de las licencias de funcionamiento. (@PELDAR, 2007)

Tabla 2. Normas de vertimiento industrial a un cuerpo de agua

Parámetro	Usuario Existente	Usuario Nuevo
pH	5, a 9 unidades	5, a 9 unidades
Temperatura	< 40°C	< 40°C
Material Flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción >80% en carga	Remoción >80% en carga
Sólidos Suspendidos	Remoción >50% en carga	Remoción >80% en carga

(@PELDAR, 2007)

Tabla 3. Normas de vertimiento industrial a un alcantarillado

Parámetro	Usuario Existente
pH	5, a 9 unidades
Temperatura	< 40°C
Acidos, bases, sustancias explosivas o inflamables	Ausente
Sólidos sedimentables	<10ml/l
Sustancias solubles en hexano	<100mg/l
DBO	Remoción >20% en carga
Caudal máximo	1,5 caudal promedio horario

(@PELDAR, 2007)

2.9.2 Decreto 901 de 1997

“Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.”

Como su nombre lo dice la tasa retributiva es un pago que se hace en virtud de la contaminación que genera en cuerpos de agua, una obra, actividad o proyecto, evocando de cierta forma el concepto constitucional que establece “el que contamina, paga”. (@PELDAR, 2007)

La tasa retributiva cuenta con una serie de variables que determinan el monto a pagar en aras de restituir el recurso afectado. El cálculo del monto a pagar y las variables incluidas en este, se nombran a continuación:

Ecuación 1. Tasa retributiva por concepto contaminante

$$TR_j = Tr_j \times Cc_j \times T$$

(@PELDAR, 2007)

Donde:

TR_j: tasa retributiva por concepto del contaminante j

Tr_j: tarifa regional para el contaminante j

Cc_j: carga contaminante diaria del contaminante j

T: periodo de descarga mensual

El cobro de esta tasa ha motivado a los empresarios a implementar acciones de mejora y establecer plantas de tratamiento de agua, las cuales permiten verter con el menor contenido de carga contaminante y de esta forma reducir la tasa

generada. Acciones como esta generan beneficios económicos y ambientales.
(@PELDAR, 2007)

3. METODOS DE SEPARACION DE ACEITES

Luego de investigar los diferentes sistemas para poder mejorar el sistema de recolección de aceites, se pueden identificar varios tipos de dispositivos que son utilizados en la industria y algunos de ellos utilizados en derrames de crudo. Se pueden identificar tres grandes grupos de dispositivos, los oil skimmers¹⁰ convencionales, los oil skimmers de discos o tambores y los Separadores de aceites con filtros.

3.1 OIL SKIMMERS CONVENCIONALES

En el mercado se encuentran varios tipos de estos, son los más comunes y ofrecidos para la industria. Todos tienen el mismo principio de funcionamiento, la idea es que el lodo se adhiere a un elemento flexible que se sumerge en el agua con el fin de que a él se le adhiera el aceite para luego ser removido por raspadores que “limpian” el elemento flexible que seguirá un ciclo cerrado entrando limpio y saliendo “sucio” o con aceite del agua. Los elementos flexibles más comunes son bandas de caucho y tiras con filamentos o mangueras.

3.1.1 Oil skimmer de banda de caucho

Estos separadores han sido usados alrededor del mundo desde 1990 para remoción de natas de aceite indeseadas en tanques o depósitos de agua. Generalmente son pequeños, poco ruidosos y utilizan un motor eléctrico permanentemente con el fin de suplir necesidades de espacio y de condiciones ambientales que se podrían ver afectadas con el ruido y con la generación de algún tipo de desecho contaminante que un combustible pudiese generar.

¹⁰ *Oil Skimmer*, Nombre comercial para separador de Aceites o grasas de banda.

Este tipo de recolector se emplea para recoger derrames entre medianos y grandes, en condiciones de mar moderado. No puede operar en agua poco profundas (menores de 1,8 m.), tiene una velocidad máxima de avance de 2 nudos y no tiene depósito para almacenar sólidos flotantes.

Los modelos estándar para uso industrial generalmente remueven el aceite o las natas de grasa a una rata de 1 galón/hora, ofrece la opción de escoger el material de la banda entre poliuretano o acero inoxidable dependiendo del fluido que se vaya a remover y además del material, las dimensiones de la banda, específicamente el largo, viene generalmente entre 3 y 5 tamaños estándar. Adicionalmente existen oil skimmers más especiales que presentan opciones tales como más largo de banda, doble banda y carcasa en acero inoxidable para el motor, para casos más específicos. La rata de remoción aproximada se puede aproximar de la siguiente manera:

Tabla 4. Rata de remoción de oil skimmers por bandas de caucho.

RPM	1 BANDA
10 RPM	0,25 Gal/Hr
30 RPM	1 Gal/Hr

(@MEGATOR, 2007)

Nota: Las ratas de remoción varían según el tipo de aceite, su temperatura, su viscosidad, entre otros. Esta tabla es únicamente para fines de aproximación.

Figura 13. Oil Skimmer de banda de caucho.



(@ABANAKI, 2007)

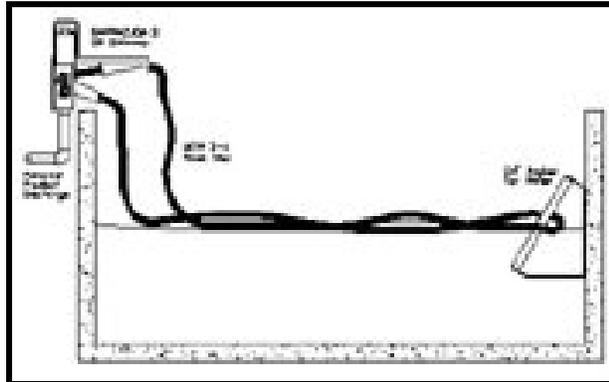
Para escoger el Oil Skimmer de banda adecuado, es necesario tener en cuenta factores como el largo de banda (se calcula tomando la distancia entre el eje del motor y la profundidad del tanque o deposito y a esta distancia se suman 5 cm.), la rata de remoción deseada (en gal/hr), material de componentes y accesorios.

3.1.2 Oil Skimmer de cuerda de filamentos

Este sistema de separación consta de una cuerda de filamentos que recoge el aceite de las superficies por adherencia del aceite con la cuerda. Dicha cuerda es flotante para permanecer en la superficie y es dirigida por una unidad de control que genera la rotación de la cuerda sobre toda la superficie a trabajar. Esta misma unidad de control se encarga de escurrir la cuerda cuando da toda la vuelta y ya hay aceite impregnado en ella. El material de la cuerda generalmente es de fibras de polipropileno el cual es oleofílico¹¹, lo que permite que se recoja el aceite flotante y asegura que se recoja la mayor cantidad de aceite, bien sea de derrames indeseados o para aplicaciones industriales.

¹¹ Oleofílico: Atrae y se adhiere al aceite. Repele el agua.

Figura 14. Ciclo de funcionamiento de Oil Skimmer de cuerda de filamentos.



(@AMBARENVIRONMENTAL, 2007)

Ventajas:

- Recoge gran cantidad de aceite.
- Recoge aceite relativamente libre de agua.

Desventajas

- Sistema de recolección muy lento.
- Algunos tipos de aceite no se adhieren a las fibras.
- Altos costos de mantenimiento y operación.
- Costosa instalación y adaptación.

Figura 15. Oil Skimmer de cuerda de filamentos



(@MEGATOR, 2007)

3.1.3 Oil Skimmer de vertedero

Son recolectores utilizados en condiciones de aguas muy tranquilas, corrientes menores de 1 nudo) y en petróleos que contenga poco o ningún sólido. Tiene un máximo de eficiencia para petróleos de viscosidad baja o media y cuando el grosor de la capa es mayor de 0.5 cm.

Los recolectores tipo vertedero utilizan como principio de recolección el efecto de cascada o desborde de un líquido ya que están diseñados para permitir que el petróleo fluya sobre el borde del equipo, el cual está colocado en la interfase agua-petróleo. Mediante una línea de succión el petróleo es sacado hacia los tanques de almacenamiento para su posterior tratamiento y disposición final.

Figura 16. Oil Skimmer de vertedero.



(@MEGATOR, 2007)

Estas unidades de remoción de aceite, flotan debido a sus pronunciados flotadores con el fin de capturar la mayor cantidad de aceite posible que se encuentra en la superficie del tanque o depósito. El vertedero contiene un plato tipo embudo por donde se canaliza el aceite y el diámetro de dicho plato es ajustable manualmente para permitir o restringir el volumen de aceite dependiendo de la viscosidad del aceite a remover.

Figura 17. Oil Skimmer de vertedero.



(@ULTRASPIN, 2007)

Se coloca el recolector conectado a la línea de succión en la interfase agua-petróleo manteniéndolo a nivel. Los flotadores del equipo y la línea de succión se ajustan a fin de mantener el sistema en la interfase agua-petróleo. Esto es importante para asegurar la máxima recolección de petróleo y la mínima cantidad de agua.

Figura 18. Oil Skimmer estrella de vertedero.



(@ULTRASPIN, 2007)

Ventajas:

- Costos medios y bajos.
- Fácil instalación y despliegue.
- Ratas de remoción altas.
- Capacidad de remoción en superficies grandes.

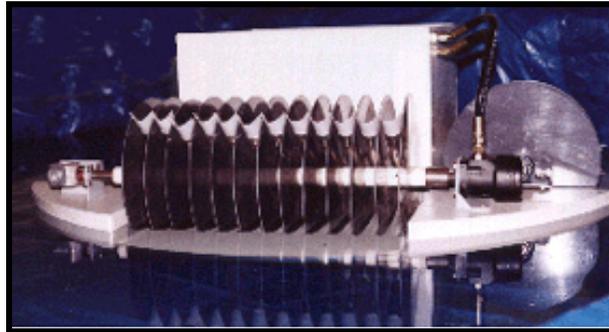
Desventajas

- Ajuste manual de vertedero.
- Requiere de supervisión permanente de un operario.
- El aceite recolectado presenta porcentajes de agua.

3.1.4 Oil Skimmer de discos, tambor y cepillo.

Este método consta de un dispositivo que contiene una bancada bien sean discos, cepillos o tambores que rotan continuamente de los cuales el aceite se adhiere.

Figura 19. Oil Skimmer de discos.



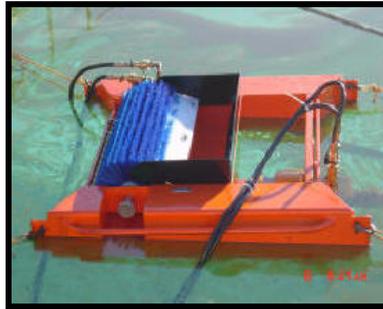
(@ULTRASPIN, 2007)

El aceite adherido es removido de la bancada y almacenado en un tanque. El dispositivo tiene la capacidad de remover aceite en un 98% puro.

Su funcionamiento depende casi en su totalidad del principio de adherencia por diferencia de viscosidad entre el agua y el aceite. Al ser el aceite más viscoso, tiene más adherencia que el agua a un dispositivo sólido.

Este tipo de dispositivo de discos puede funcionar tanto con una como con dos bancadas. Los de una bancada son ideales para uso industrial y separadores API, mientras los de dos bancadas se utilizan en casos de emergencia de derramamientos de aceite indeseados. Los dispositivos con una sola bancada tienen una rata de remoción de 5 a 20 Toneladas de aceite por hora, mientras que los dispositivos de doble bancada tienen una rata de remoción entre 21 y 44 toneladas de aceite por hora aproximadamente.

Figura 20. Oil Skimmer de cepillos.



(@MEGATOR, 2007)

Es fácil el intercambio de los módulos, es decir, en la estructura del dispositivo es posible montar tanto el modulo de tambor como el de discos y el de filamentos o cepillo.

En cuanto a tamaño, el dispositivo se encuentra en el mercado en diferentes tamaños y capacidad del número de bancadas. La rata de remoción deseada determina la cantidad necesaria de bancadas.

Su fuente de energía puede variar según las necesidades. Algunos funcionan con gasolina, otros funcionan con diesel y otros con motores eléctricos, dependiendo de la necesidad y el uso para el cual se disponga el dispositivo. Este sistema de remoción puede usarse para un gran rango de tipos de aceites, que van desde el aceite más delgado y menos viscoso, hasta aceites pesados, viscosos y crudos.

Tabla 5. Rata de remoción de lodos de Oil Skimmer de cepillo, disco y tambor.

Tipo separador	Rata de remoción ton/hr		Aplicación
	Una Bancada	Doble bancada	
Cepillo	24	44	Aceites Pesados, viscosos y crudo

Disco	20	40	Aceites livianos; diesel, etc.
Tambor	12	24	

(@ULTRASPIN, 2007)

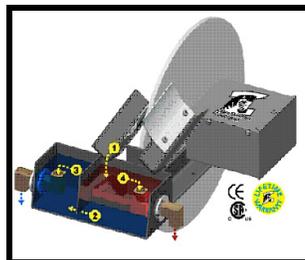
Ventajas:

- Puede recolectar aceite muy puro, es decir, con muy bajo porcentaje de agua.
- El sistema sirve para tres tipos de separadores (discos, cepillo y tambor).

Desventajas

- Solo recolecta el aceite que se adhiere a los discos, hay aceites que no se adhieren.
- Los costos de operación y mantenimiento son muy altos.
- El costo de la inversión es muy alto.

Figura 21. Diagrama de partes de Oil Skimmer de discos.



(@ZEBRASKIMMER, 2007)

3.2 OTROS SISTEMAS DE SEPARACION

Para separar lodos, existen otros métodos mas avanzados como la eliminación por químicos y el sistema de filtros.

3.2.1 Tratamiento químico por dispersores

Los dispersores son mezclas que contienen agente tenso activos para reducir la tensión interfacial entre los hidrocarburos y el agua. Esto permite que una mancha de hidrocarburo se fragmente en gotas muy pequeñas (de diámetro inferior a 100 micras) las que se dispersan rápidamente por la masa de agua a consecuencia del movimiento natural de ésta.

Los tipos de dispersores son:

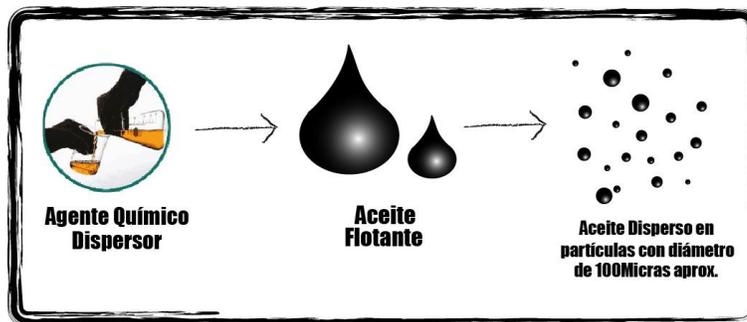
- Hidrocarburo o dispersores convencionales, que están basados en disolventes de hidrocarburos y contienen entre el 15 y 25% surfactante. Ellos son destinados para una aplicación neta y no deben ser pre diluidos con agua de mar porque ésta lo vuelve inefectivos. La dosis típica esta en razón de 1:1 y 1:3 (dispersor: petróleo).
- Concentrado o con la misma mezcla de dispersores, los que están basados en alcohol o solvente glicol y usualmente contiene una alta concentración de componentes surfactantes. Contienen más ingredientes que los dispersores corrientes y suelen provocar una dispersión más rápida y mejor que los hidrocarburos. Ellos pueden ser aplicados puros o pre diluidos con agua. La dosis típica esta en razón de 1:5 y 1:30 (dispersor neto: petróleo).
- Los dispersores basados en hidrocarburos y los concentrados pre diluidos con agua, requieren un mezclado completo con el petróleo después de la aplicación para producir una dispersión satisfactoria. Sin embargo, los concentrados, si son esparcidos directamente sobre el petróleo sin diluir, no

requieren el mismo grado de mezcla y usualmente el movimiento natural del mar es suficiente para romper una película tratada en gotas.

3.2.2 Mecanismo de dispersión química

El componente clave de un dispersor es un agente superficial activo (surfactante), el cual tiene una estructura molecular tal que una parte de la molécula tiene una afinidad por el aceite y el otro tiene una afinidad por el agua (hidrófila). Cuando en forma equitativa se aplica y se mezcla dentro del aceite flotante, las moléculas llegan a ordenarse en interfase aceite/agua con el resultado que la tensión interfacial entre el aceite y el agua es reducido favoreciendo la formación de gotas de aceite finamente dispersada en una área superficial combinada más grande que la película oleosa original.

Figura 22. Proceso de dispersión química.



(Elaboración propia)

Aparte de promover la formación de gotas, los dispersores realizan un rol secundario de prevenir la coalescencia¹² de las gotas de crudo una vez que ellas están formadas. Es importante sin embargo conocer las limitaciones de los dispersores, aunque en general sirven para dispersar la mayoría de los petróleos crudos y las emulsiones líquidas de agua en petróleo (A/P), con viscosidades

¹² *Coalescencia*, Propiedad o capacidad de ciertas sustancias y cosas para unirse o fundirse con otras en una sola.

menores o próximas a 2000 cts. equivalente a fuel oil medio a 10-20°C; no son efectivas con emulsiones espesas (mousse de chocolate) o petróleos con punto de fluidez cercanos o sobre la temperatura ambiente.

La medida en que se pueda dispersar una mancha de hidrocarburos dependerá en gran medida de su temperatura de fluidez y de su viscosidad a la temperatura del agua de mar. La exposición a la intemperie y la emulsificación hacen aumentar rápidamente la viscosidad y la temperatura de fluidez. Incrementando por tanto su resistencia a la dispersión. También entran en juego el estado del agua, su temperatura y su salinidad.

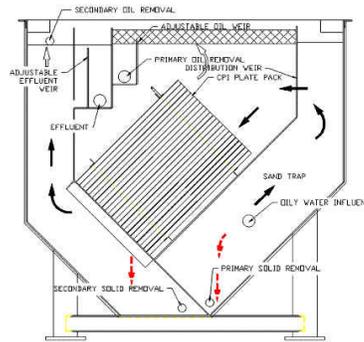
3.2.3 Separadores de aceite por medio de filtros

A diferencia de los oil skimmers estos no son mecánicos, sino que utilizan las propiedades físicas del aceite y los filtros para hacer la separación del agua. Estos se caracterizan por ser tanques con características similares a las trampas de grasa.

3.2.4 Separador de grasas y aceites:

Separan el agua de los aceites, permitiendo la recuperación de ambos en altos porcentajes. Por ruptura de moléculas en placas coalescentes, el aceite es llevado a la superficie por simple gravedad, para ser removido. Frecuentemente es utilizado en refinerías, petroquímicas, terminales aéreas, terrestres o marítimas o a pequeña escala como talleres automotrices, maquinaria, manufactura, etc. La capacidad de este equipo varía de 5 a 1,200 gpm (ASCMEIAMBIENTE@, 2007).

Figura 23. Sistema por filtros de Oil Skimmer.

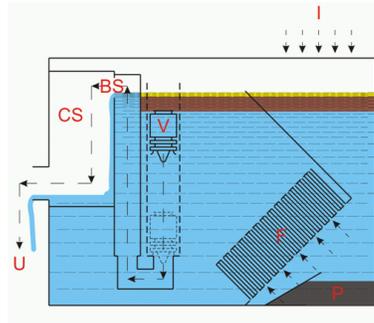


(@ASCMEDIOAMBIENTE, 2007)

3.2.5 Separadores Hidrocarburos - Serie Poliéster:

Recoge el líquido a tratar efectuándose la primera decantación natural "tranquilizando" los líquidos y depositando los fangos en la zona P. El líquido a pasa por el elemento coalescente que provoca efectos físicos no traumáticos, juntando las pequeñas partículas de aceite disueltas en el agua y transformando estas en gotas de aceite, las cuales, gracias a características físicas en su densidad quedan separadas totalmente del agua. Es entonces cuando el líquido tratado pasa a la cámara de decantación fina y almacenaje. En esta cámara los líquidos quedan completamente diferenciados quedando en su interior los elementos de contaminación y expulsando los líquidos descontaminados para su vertido o reutilización a través de la Cámara Seca de Toma de Muestras. En supuesto de total llenado de elementos contaminados la Boya obtura la salida de líquidos. Como medida de seguridad anti-inundación hay previsto un exclusivo sistema de doble by-pass (@SEPARADORDEHIDROCARBUROS, 2007)

Figura 24. Sistema de by-pass.



(@SEPARADORDEGRASAS, 2007)

Ventajas:

- Manejan altos caudales de entrada de agua y aceite.
- No necesita operario.
- No tiene motores involucrados en el proceso, solo una bomba de suministro.
- Bajo consumo de energía.

Desventajas:

- Alto nivel de mantenimiento de filtros, rejillas y acumuladores.
- Es estacionario, no puede movilizarse.
- Necesita una bomba para abastecerse del agua contaminada.
- Costo elevado.
- Es un dispositivo voluminoso y pesado.

4. ELECCIÓN DE MÉTODO Y DISEÑO DE MODELO FUNCIONAL.

Primero se decide el método de separación para posteriormente diseñar el prototipo, así:

4.1 DECISIÓN DEL MÉTODO DE SEPARACIÓN.

Tras examinar los múltiples métodos de separación que encontramos en el mercado nacional e internacional, es necesario escoger el método que mejor se acomode a las necesidades de Peldar.

Para la elección del método más adecuado que cumpla la función necesaria, se utiliza una matriz de decisión que ayude a jerarquizar las diferentes opciones desde la más adecuada y la menos adecuada. La matriz que se utiliza funciona con puntos del 1 (uno) al 10 (diez), siendo 10 (diez) la máxima calificación para cada aspecto a considerar. A su vez, cada aspecto tiene un porcentaje de importancia, enfocado a los objetivos del proyecto. Finalmente se realiza una tabulación para obtener el método a utilizar.

El puntaje final que obtiene cada método, se obtiene multiplicando el puntaje de total de cada grupo de requisitos por el porcentaje de importancia que tiene cada grupo de requisitos. Es por esto que el costo, la eficacia y la eficiencia, tienen los porcentajes más altos, pues si se enfoca la escogencia del método, a los objetivos del proyecto, se observa que los aspectos que presentan las necesidades de Peldar, se enfocan más a un prototipo eficiente y con costos muy bajos, tanto de construcción, montaje, diseño como de mantenimiento. Se busca algo funcional que reemplace el método actual de separación de lodos, por algo funcional, eficiente, económico y sencillo.

A lo que se refiere el requisito del espacio, es a sus dimensiones totales y generales, a la posición en que se puede o permite ubicar, las necesidades de ubicación, es decir si necesita una superficie fija o se puede ubicar sobre la

mezcla de fluido y el impedimento de accesibilidad es que tanto el método al estar montado, impide el acceso de personas por el lugar en que este se encuentre.

En cuanto al mantenimiento, se refiere a la facilidad de las operaciones a realizar en el mantenimiento del dispositivo, cuantas piezas y partes hay que desmontar para realizar el mantenimiento y finalmente la accesibilidad se refiere a que tan accesibles son los repuestos para reparar el dispositivo en un caso dado.

Los costos de construcción se refiere a que tan costoso o no, sería la construcción del dispositivo que representa el método; esto incluye tanto costos de los materiales como los costos de montaje (mano de obra, insumos, entre otros)

Finalmente la eficiencia del método se refiere a que tan ágil o no, el método realiza la función, hace mención específicamente al tiempo en que realiza la función y la eficacia se refiere a la satisfacción de la realización de la función, es decir, que tan bien o mal hecha, el método desarrolla la función de separación.

Tabla 6. Matriz de decisión del método de separación más adecuado.

	Método de banda	Método cordón	Método vertedero	Discos o tambor	Eliminación Química	% Ponderación
Espacio						15%
Dimensiones Generales	6	9	9	6	10	
Posición de trabajo	9	8	9	7	9	
Ubicación	9	9	9	9	9	
Impedimento de accesibilidad	7	9	10	10	10	
Subtotal requisito	31	35	37	32	38	
Mantenimiento						15%
Costo de mantenimiento	9	7	6	5	3	
Facilidad de mantenimiento	9	7	8	7	9	
Montaje/desmontaje para Mto	7	8	9	7	10	
Accesibilidad	9	9	8	8	5	
Subtotal requisito	34	31	31	27	27	
Costo Construcción						25%
Costo materiales	9	9	6	4	1	
Costo del montaje	10	10	10	8	5	
Subtotal requisito	19	19	16	12	6	
Eficiencia	8	7	8	9	8	25%
Subtotal requisito	8	7	8	9	8	
Eficacia	8	8	8	9	10	20%
Subtotal requisito	8	8	8	9	10	
TOTAL PUNTOS	18,1	18	17,8	15,9	15,25	100%

(Elaboración propia)

De acuerdo con la matriz de decisión realizada y ponderada según las necesidades de Peldar, se escoge como método más adecuado el método de separación por banda de caucho. Para este método se plantean varias propuestas funcionales a través de bosquejos realizados.

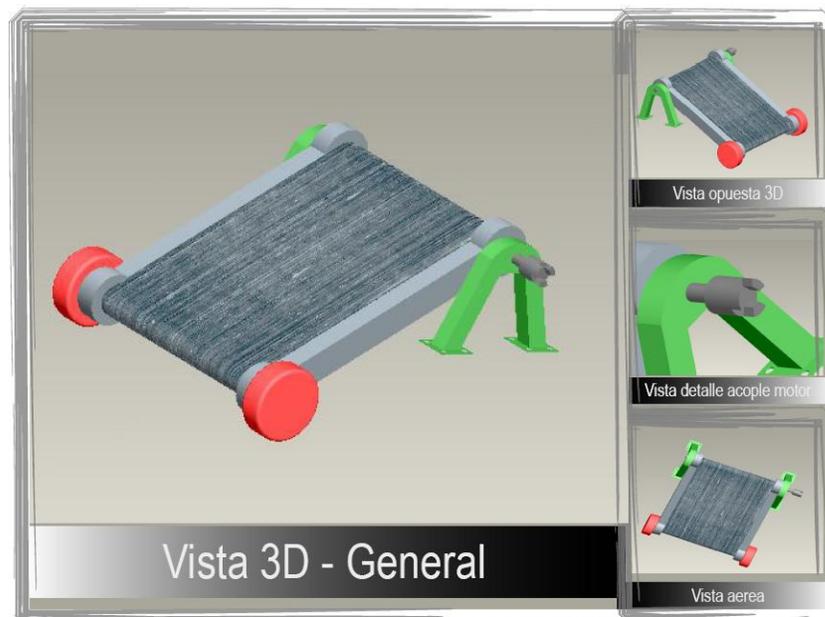
4.2 PROPUESTAS

A continuación se presentan varias propuestas de separadores de lodos por banda, para de allí escoger el mas adecuado.

4.2.1 Propuesta 1

La primera propuesta de dispositivo consiste en utilizar el principio de que las bandas de caucho son oleofílicas y permiten el arrastre de lodos aprovechando la diferencia de densidad con el agua.

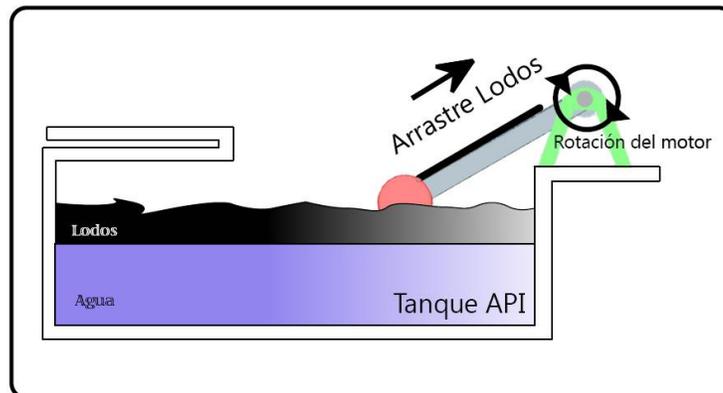
Figura 25. Bosquejo de posible solución para remoción de lodos.



(Elaboración propia)

Este dispositivo consiste en lo más básico del principio de arrastre a través de bandas de caucho, es decir, tiene lo básico para que una banda pueda desplazarse. Este contiene 2 rodillos en los extremos que permiten el giro de la banda de caucho, la cual realiza un ciclo cerrado pues sus extremos están sujetos el uno con el otro. También contiene un par de soportes que estarían empotrados al suelo con pernos y que son la estructura de los puntos de apoyo del rodillo o eje conductor, es decir el que va acoplado y transmite la potencia de un motor. Ambos extremos (el del eje conductor y el del eje inferior) están conectados y rígidamente sujetos por un par de brazos que permiten la tensión permanente de la banda, es decir, cumplen la función de estructura. Pero adicionalmente, este dispositivo sencillo y básico, tiene un factor innovador y es que tiene en el extremo del rodillo inferior, un par de flotadores que permiten que el eje de rotación del rodillo inferior, siempre este al nivel que se encuentre la superficie del tanque, posibilitando que la banda (la cual rota sobre el rodillo inferior) recolecte permanentemente los lodos del tanque.

Figura 26. Montaje y funcionamiento de primera propuesta de solución

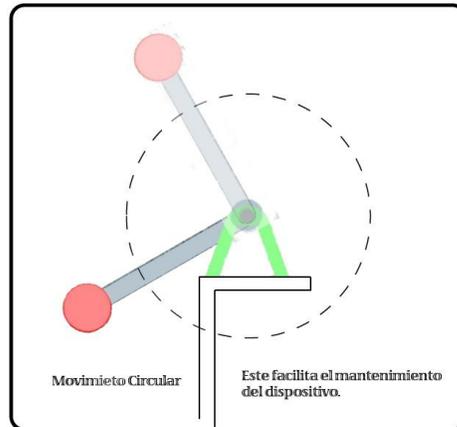


(Elaboración propia)

Este factor innovador, además permite que al tener un punto fijo en el rodillo conductor y tener el otro extremo en libertad de movimiento, la estructura sobre la cual se encuentra la banda, describe un movimiento circular con respecto al punto

fijo. Esto facilita la manipulación del dispositivo en caso de limpieza, mantenimiento o alguna reparación que se tenga que realizar en un momento determinado, impidiendo desmontajes complejos y engorrosos.

Figura 27. Detalle de ventaja de accesibilidad de propuesta 1.



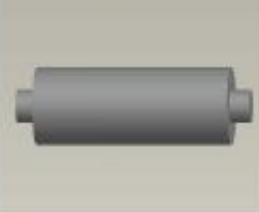
(Elaboración propia)

Tabla 7. Ventajas y desventajas propuesta 1.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Construcción sencilla - Eficiente - Fácil mantenimiento - Bajos costos de construcción 	<ul style="list-style-type: none"> - Poca capacidad - Pesado para su tamaño

(Elaboración propia)

Tabla 8. Identificación de partes de propuesta 1.

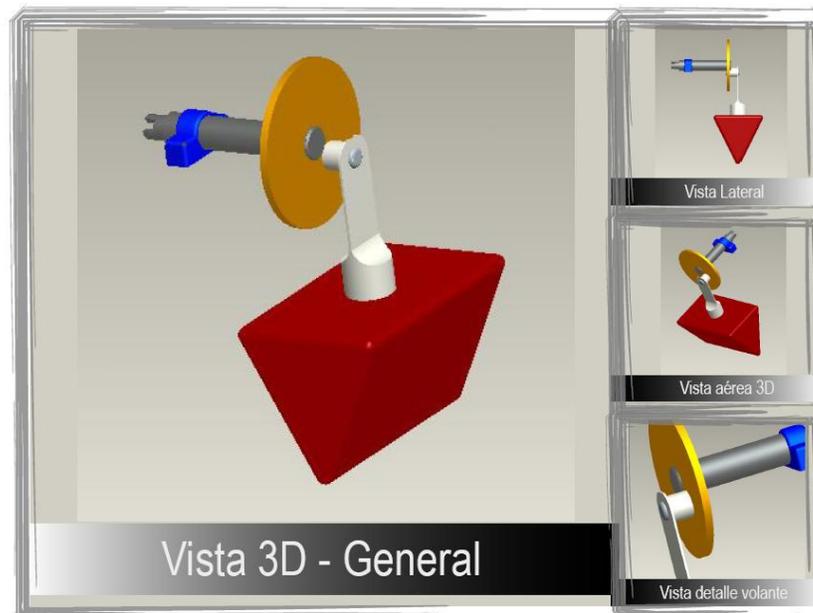
IMAGEN	DESCRIPCIÓN	CTD
	<p>Banda:</p> <p>Consiste en una banda de caucho, la cual por ser oleofílica, captura las grasas a medida que va rotando sobre 2 rodillos.</p>	1
	<p>Brazo:</p> <p>Es un brazo que separa los dos extremos de la banda apoyándose en los rodillos y a su vez le da rigidez al sistema, con el fin de mantener la tensión de la banda.</p>	2
	<p>Flotador:</p> <p>Es un dispositivo que flota sobre el fluido permitiendo que el dispositivo esté permanentemente, al nivel que el fluido esté, para recolectar todo el tiempo grasas y aceite.</p>	2
	<p>Rodillo Inferior:</p> <p>Es un rodillo que permite la rotación de la banda en uno de sus extremos.</p>	1
	<p>Rodillo Superior:</p> <p>Es un rodillo que permite la rotación de la banda en uno de sus extremos y que a su vez transmite la potencia del motor a través de su acople "araña".</p>	1
	<p>Soporte:</p> <p>Es la estructura que soporta el dispositivo en uno de sus extremos y que va empotrado al piso. En el otro extremo se soporta sobre el fluido a través de los flotadores.</p>	2

(Elaboración propia)

4.2.2 Propuesta 2.

La segunda propuesta que se muestra, es un dispositivo que funciona con un principio basado en la diferencia de densidades y el movimiento por ondas del agua.

Figura 28. Bosquejo 2 de posible solución para remoción de lodos.



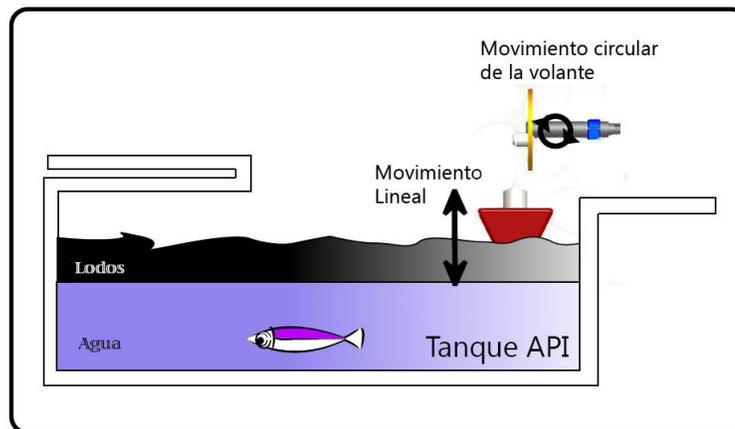
(Elaboración propia)

El dispositivo es un flotador que al realizar movimientos perpendiculares sobre él a la superficie del fluido del tanque, genera ondas las cuales arrastran el fluido más viscoso hacia los extremos u orillas del tanque, solo superficialmente. Cuando el fluido más viscoso, que en este caso sería el aceite, se encuentre en las orillas del tanque, se procedería a realizar el proceso que se realiza actualmente de separación manual. Este dispositivo facilitaría la labor pues el fluido a separar está más concentrado.

Este prototipo consta de un flotador que es el que genera las ondas directamente conectado a un brazo o palanca que es la encargada de transmitir el movimiento

desde la volante hasta el flotador y de transformar el movimiento circular de la volante a un movimiento lineal y perpendicular a la superficie del fluido que contiene el tanque. Esta palanca a su vez está conectada con la volante en su punto más externo para permitir que la fuerza del motor que transmite la volante a lo largo de su diámetro sea mayor al igual que el rango de movimiento del flotador.

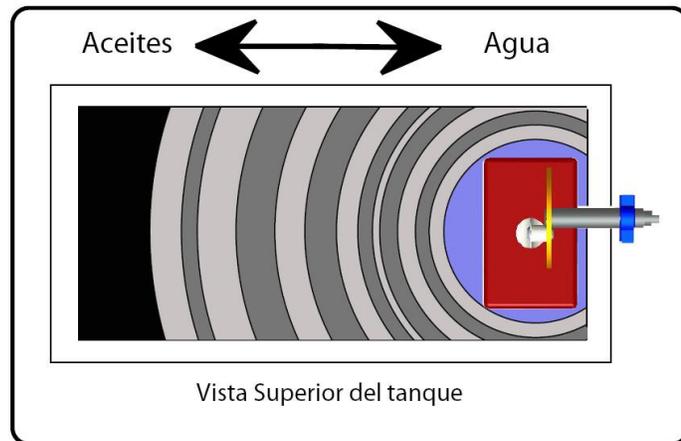
Figura 29. Montaje y funcionamiento de segunda propuesta de solución.



(Elaboración propia)

Una condición que presenta este prototipo es que está ligado a un segundo procedimiento y es la recolección manual del aceite. Aunque es un juego con un principio físico muy interesante, no soluciona en su totalidad el problema que genera la necesidad.

Figura 30. Generación de ondas de propuesta 2.



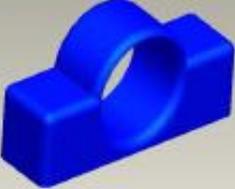
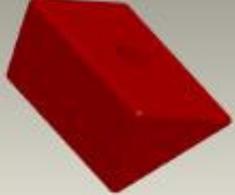
(Elaboración propia)

Tabla 9. Ventajas y desventajas de propuesta 2.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Facilita la función de recolección de aceites - Bajos costos de fabricación - Fácil instalación - Mantenimiento sencillo de realizar y muy esporádico 	<ul style="list-style-type: none"> - Deja el proceso a medias - Adicionalmente necesitaría de un método de banda - Requiere elementos complementarios para cumplir la función. - No es eficiente

(Elaboración propia)

Tabla 10. Identificación de partes de propuesta 2.

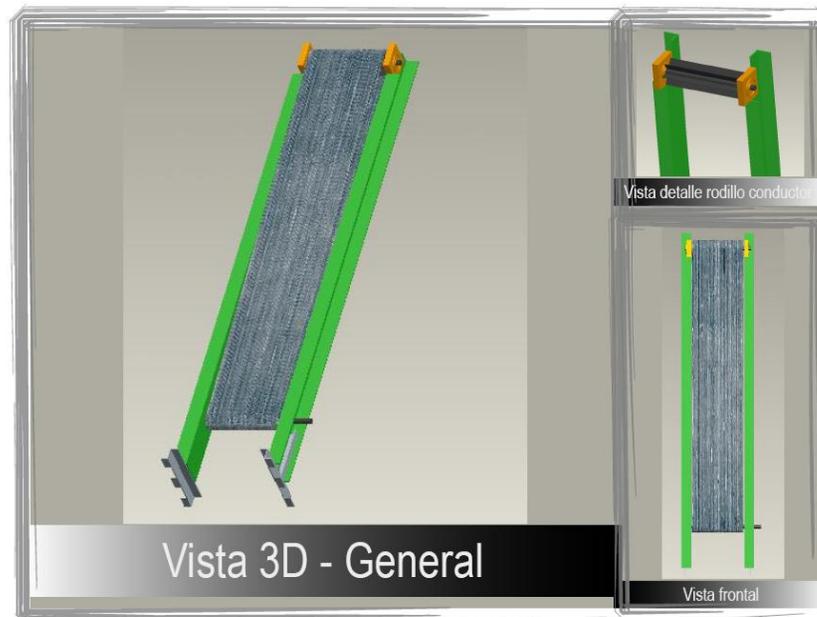
IMAGEN	DESCRIPCIÓN	CTD
	<p>Chumatera:</p> <p>Es el soporte de los rodamientos en los cuales gira el eje de rotación del dispositivo.</p>	2
	<p>Dispersor:</p> <p>Es un cuerpo flotante, el cual, a través de un movimiento perpendicular a la superficie del agua, genera ondas circulares sobre el agua, las cuales hacen que el fluido menos denso, viaje hacia los extremos del tanque que lo contiene.</p>	1
	<p>Eje:</p> <p>Es un eje que transmite la potencia del motor hacia el resto del dispositivo a través de su acople "araña". A su vez, soporta la volante y permite su rodamiento sobre el eje de la misma.</p>	1
	<p>Palanca:</p> <p>Esta palanca transforma el movimiento circular de la volante, en movimiento axial que actúa junto con el dispersor, perpendicular a la superficie de agua.</p>	1
	<p>Pasador:</p> <p>Es un pasador que sujeta la palanca a la volante.</p>	1
	<p>Volante:</p> <p>Es un disco que con su diametro exterior permite que se produzca un torque en su parte mas externa. Está conectada con la palanca y genera el movimiento axial de la misma.</p>	1

(Elaboración propia)

4.2.3 Propuesta 3.

La tercera propuesta que se presenta es basada en el funcionamiento por banda de caucho. Esta propuesta está un poco más adecuada al espacio disponible para dicho dispositivo y funciona de forma similar al prototipo propuesto inicialmente. La diferencia radica en que este prototipo no contiene partes flotantes, sino que tiene una parte de su cuerpo sumergido. Esto permite que la banda tenga un contacto más amplio con el fluido a recoger y por ende recoja mas aceites en menos vueltas.

Figura 31. Bosquejo 3 de posible solución para remoción de lodos.

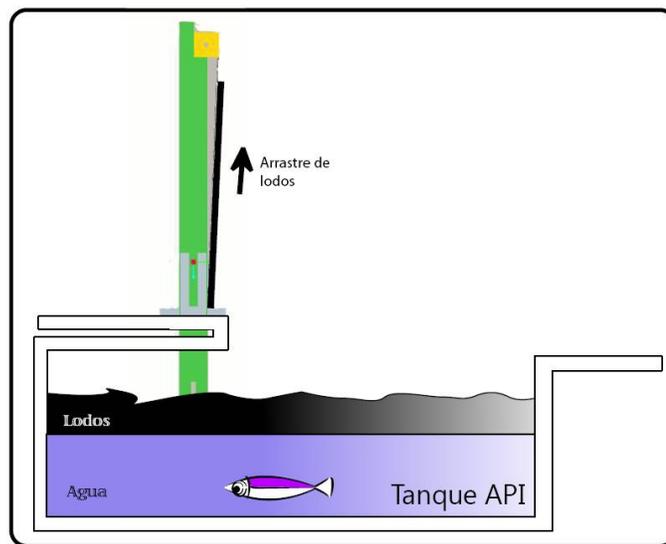


(Elaboración propia)

Este dispositivo comprende una estructura vertical alargada, soportada del piso (el cual se encuentra sobre la superficie del fluido) con medio cuerpo sumergido. De esta estructura está sujetado el motor que transmite su potencia bien sea por bandas o por cadena (debido a que se encuentra en la parte superior y su eje es paralelo y coplanar a los rodillos, tanto el conductor como el sumergido). También

de la estructura están sujetas las chumaceras donde gira el eje conductor, y además el eje sumergido. A lo largo de dicha estructura iría un raspador el cual es una pieza fundamental pues es la encargada de retirar los aceites que vienen adheridos a la banda durante el recorrido de la misma y canalizarlos (dicha pieza no se observa en los bosquejos aun, se adicionará cuando sea escogido el modelo final).

Figura 32. Montaje y funcionamiento de propuesta 3.



(Elaboración propia)

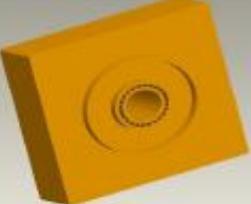
Este modelo es bastante eficiente ya que la superficie de la banda es amplia y cumple un ciclo cerrado debido a que ambos extremos están unidos.

Tabla 11. Ventajas y desventajas de propuesta 3.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Posición vertical economiza espacio - Gran recorrido de la banda - Alta eficiencia - Mas contacto con el fluido - Mas arrastre de lodos 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento complejo y mucho desarme para realizarlo a las partes sumergidas

(Elaboración propia)

Tabla 12. Identificación de partes de propuesta 3.

IMAGEN	DESCRIPCIÓN	CTD
	<p>Banda:</p> <p>Consiste en una banda de caucho, la cual por ser oleofílica, captura las grasas a medida que va rotando sobre 2 rodillos.</p>	1
	<p>Chumacera:</p> <p>Es el soporte de los rodamientos en los cuales gira el eje conductor del dispositivo.</p>	2
	<p>Estructura:</p> <p>Son 2 perfiles en C, los cuales soportan todas las partes del dispositivo.</p>	1
	<p>Eje Conductor:</p> <p>Es el eje que conduce la banda y que esta acoplado directamente con el motor. Este contiene aletas perpendiculares a la superficie del eje para impedir el deslizamiento de la banda.</p>	1
	<p>Eje sumergido:</p> <p>Es el eje que permite la rotación de la banda en un segundo extremo y se encuentra situado bajo la superficie de la mezcla de fluido.</p>	1
	<p>Soporte:</p> <p>Es la base del dispositivo y está encargado de soportar y sujetar la estructura, del piso.</p>	2

(Elaboración propia)

Considerando las ventajas y desventajas propuestas en cada una de las opciones anteriores, se decide que la mejor opción de dispositivo es la tercera, es decir el método por banda de caucho de posición vertical.

Sus ventajas son más relevantes en el contexto que se va a instalar pues las condiciones de espacio y de accesibilidad, la eficiencia y la forma de operar, son más acordes a la planta de Peldar en Envigado.

5. CONSUTRUCIÓN DEL MODELO, EL OIL SKIMMER

Para la construcción del oil skimmer es necesario tener en cuenta algunos aspectos como lo son los recursos y materiales a utilizar, cuales podemos usar reciclados y los cálculos matemáticos requeridos para la construcción.

5.1 RECURSOS Y MATERIALES

Para cualquier empresa, y en general toda la sociedad tiene como objetivo maximizar sus ganancias, ahorrando en gastos y sacando el mayor beneficio a su actividad económica. Así mismo, en O-I Peldar para dar inicio a un proyecto se necesitan saber tres cosas básicas al presentar un proyecto:

- El costo del proyecto.
- Tiempo de entrega del modelo en funcionamiento.
- En cuanto tiempo se recupera la inversión (payback).

El enfoque principal de este proyecto es reducir los costos al mínimo, y que significará un ahorro para la empresa importante. Los diseños y bocetos preliminares indicaban que se necesitaban algunos elementos básicos para la construcción de la máquina; se necesitaría una estructura o un chasis donde van a ser conjugadas las demás piezas, dos rodillos o cilindros, una banda, un motor y raspadores.

Todos elementos básicos son comunes en la planta de Envigado, es así que se piensa en la forma de conseguir lo máximo de los elementos dentro de la planta y que además estén en desuso porque quizás se está construyendo algo que es aún más costoso. Es así que se dá a la tarea de buscar en todas las áreas de la

planta, las piezas para la construcción. Principalmente se busca en el área de Zona Fría que es donde los envases son conducidos a través de bandas transportadoras hacia las empacadoras. También se busca en Casa Fuerza motores que se puedan adaptar al diseño. En el área de Materias Primas se busca bandas de caucho, que son las que transportan la materia prima que será conducida hacia los hornos. En fin, se busca en casi todas las áreas de la planta con el fin de conseguir la mayor cantidad de elementos para construir el modelo funcional.

5.2 RECURSOS DISPONIBLES EN PELDAR

La búsqueda de recursos para la construcción se enfoca principalmente en el área de Zona Fría que tiene características especiales favorables para el proyecto, se tiene gran variedad de elementos de transmisión de potencia, estructuras metálicas de varias dimensiones y bandas de caucho con varios tipos de superficies. Es importante que los elementos provengan de una sola área por facilidades de ensamble de cada una de las piezas.

Figura 33. Transportadores de línea B3



(PELDAR, 2007)

5.2.1 Estructura o chasís

Por supuesto que lo que primero se busca es la estructura del separador. Se puede pensar en construir o mandar a construir una estructura de acero, lo cual resultaría costoso si se tiene en cuenta la mano de obra y los materiales. Así que no se le da mucha validez a esta opción si se tiene en cuenta que lo primordial es ser lo más ahorrativo posible. Es así que se buscan opciones diferentes y se piensa en una estructura de conveyer (o banda transportadora). En la actualidad se cuenta con muchos tipos de estas estructuras porque se manejan varias en Zona Fría y también en Materias Primas que son para cargas más pesadas como la materia prima del proceso.

En el área de Zona Fría se manejan transportadores menos robustos y en mayor cantidad lo cual indicaba una excelente oportunidad. Las bandas auxiliares de casco, que son las que recogen todo lo que se desecha por defectos en el área de Selección son las que podrían ser las más útiles para nuestro caso. Las estructuras son de acero de aproximadamente 15" de ancho y la longitud varía mucho, son desde 50cms hasta 5mts, ya que en el área se requiere mucha flexibilidad en medidas de longitud.

Figura 34. Transportadores de cajas



(PELDAR, 2007)

5.2.2 Rodillos y Chumaceras

El modelo preliminar cuenta con dos rodillos, uno en la parte superior, que va a tener la función de ser el rodillo motriz, y otro que va a estar sumergido en el agua con la principal función de hacer tensión y la banda pueda ser arrastrada.

El rodillo motriz tiene que ajustarse a la estructura, tiene que ser un rodillo que tenga un eje para la transmisión de potencia desde el motor. Así mismo tiene que tener consigo las chumaceras a ambos lados.

El rodillo tensor sumergido es más simple, la principal característica que se busca de este es que sea más pesado y más grande que el motriz.

Los rodillos tensores de las estructuras de los transportadores de Zona Fría son una excelente oportunidad para hacer las funciones de rodillo tensor, ya que hacen parte de la misma estructura y tienen las mismas dimensiones en el ancho, son de 5" de diámetro. Para el rodillo motriz si se necesita uno que tenga eje y chumaceras sin discusión, se busca un rodillo que sea también motriz de las bandas de casco con un eje que se ajustara al conjunto de transmisión de potencia.

Figura 35. Rodillos de bandas transportadoras



(PELDAR, 2007)

5.2.3 Bandas

Las dos posibles fuentes de bandas en la planta son el área de Zona Fría o Materias Primas. Las diferencias de estas es que unas son para el manejo de botellas y la otra para materias granulado más pesado.

Las bandas de Materias Primas son una buena alternativa porque son anchas, aproximadamente de 24" y sería una buena opción en cuanto a eficiencia del modelo, el inconveniente sería que se necesita una estructura especial por su ancho.

Figura 36. Banda de casco número 11

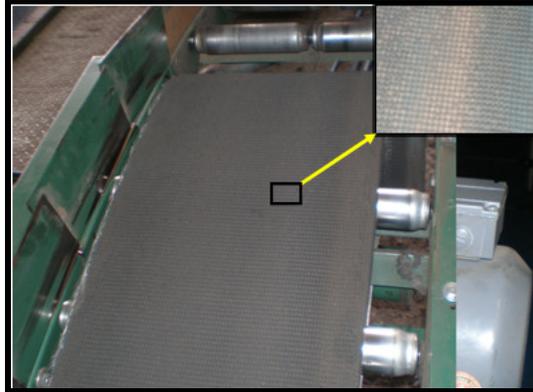


(PELDAR, 2007)

Las bandas de Zona Fría además de tener las medidas en los rangos que se están buscando, ofrecen una superficie rugosa que a la hora de la recolección es de suma importancia porque se va a tener una mayor adherencia entre el caucho

y el lodo. Por otra parte, estas bandas funcionan en las estructuras de conveyor anteriormente mencionados y elegidos para este proyecto.

Figura 37. Banda de superficie rugosa



(PELDAR, 2007)

5.2.4 Trasmisión de Potencia

Se necesita un sistema económico de bajo consumo de energía, que no se esté utilizando ni se tenga como repuesto para no generarle costos a la empresa en este proyecto. Además, tiene que ser un motor o motorreductor de bajas revoluciones por minuto debido a las características del proceso.

En Peldar Envigado, se tienen muchos tipos de motores y motorreductores. Hay motores neumáticos, motores eléctricos con eje hueco, motores desde $\frac{1}{2}$ HP hasta motores de 1000 HP, motores con ejes en milímetros, con ejes en pulgadas, motores de 3600rpm o de 1800rpm. En fin, hay muchas posibilidades, el punto importante es que al tener tantas alternativas es difícil hacer una elección y que se adapte al resto de partes de la transmisión.

Para conocer las partes que se necesitan, se hacen cálculos basados en las revoluciones del rodillo matriz, para así conseguir el sistema de reducción en rpm.

Se decide buscar un motor de las siguientes características, motor de máximo 1 HP@1800rpm, eléctrico de 440V, con eje en pulgadas y con reductor incorporado. Partiendo de la base del eje en pulgadas, se garantiza que la fácil consecución de piñones y cadenas para reducir revoluciones por minuto al ser la más comunes en el mercado y utilizadas en la planta.

Una vez más se tiene en la mira Zona Fría que es donde se manejan este tipo de motores y sistemas de transmisión.

Además se consigue el juego de cadena y piñones con la relación que se necesita. Se consiguen piñones 35B50 y 16B50 de diámetro 1" y cuñero de 1/4".

Figura 38. Diferentes tipos de motorreductores en Zona Fría



(PELDAR, 2007)

5.3 EL OIL SKIMMER

Con todos los elementos seleccionados, chasis, banda, rodillos, motor, reductor, piñones, cadena. Se consigue el objetivo de tratar de que todos los elementos utilizados en el Oil Skimmer resultaran ser elementos que están en desuso en la planta, o en su defecto son elementos que ya estaban esperando ser vendidos a

terceros como chatarra. Para la empresa el material de construcción de la máquina no constituye ningún costo.

El proceso de construcción es desarrollado en etapas de pruebas preliminares, ensamble y adecuaciones, y puesta en marcha y montaje.

5.3.1 Pruebas preliminares

Durante esta etapa se ensaya las diferentes piezas seleccionadas, se avala su funcionamiento en la máquina y en el proceso. Cada componente es revisado, se observa su estado, y su correcto funcionamiento de ensamble. Para luego validar su funcionamiento junto con el resto de piezas.

La banda es la pieza más importante ya que esta es la encargada de extraer el lodo, sino hay adherencia simplemente no funciona.

Figura 39. Adherencia de lodos contra banda



(PELDAR, 2007)

5.4 ENSAMBLE

En esta etapa se conjugan en el chasis todos los componentes de la máquina. Tanto los rodillos con los extremos de la estructura (en cuanto a longitud se refiere), los piñones con los ejes del motor y del rodillo motriz, la cadena con los piñones.

El ensamble es muy simple, se posicionan los dos rodillos en los extremos de la estructura, luego se empata la banda con un empate de gancho (que se puede quitar y poner en cualquier momento), y finalmente se ensambla el rodillo motriz con el sistema de transmisión de potencia.

Figura 40. Ensamble del Oil skimmer



(PELDAR, 2007)

Además del ensamble se deciden hacer unas modificaciones con el fin de mejorar el proceso. La primera modificación que se hace es adaptar los soportes de la estructura que anteriormente ensamblaban con la estructura formando un ángulo de 90°. Ahora se necesita tener la estructura erguida y los soportes tienen que ser

adaptados para este propósito. Se modifican haciéndoles una ranura para que acoplara correctamente con el chasis, se tiene en cuenta que esta modificación no afecta en ningún momento la estabilidad de la máquina.

El rodillo motriz fue creado para trabajar en seco, y trabajar bajo altas tensiones de banda, se le hace una modificación con el fin de mejorar su tracción. Se le adicionan unas paletas en a lo largo del rodillo en dirección radial cada 60°. Las paletas son platinas de 1"x1/8" en acero ASTM 1020.

Figura 41. Modificaciones de piezas

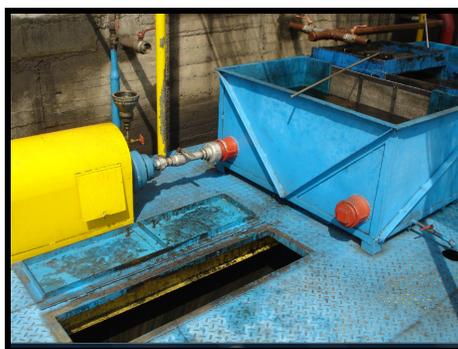


(PELDAR, 2007)

5.4.1 Puesta en marcha y montaje

El montaje de la máquina es muy simple, ya que en el tanque donde va a ser instalado hay una plataforma que esta encima del tanque y esta tiene una tapa rectangular que se abre y se cierra. Aprovechando esta situación, la máquina es posicionada en la tapa con la compuerta abierta para que éste pueda sumergirse en el agua. Al marcho de la compuerta se le hicieron huecos para fijar con tornillos los soportes del Oil Skimmer a la plataforma metálica del tanque.

Figura 42. Ubicación en plataforma de tanque



(PELDAR, 2007)

En el proceso de montaje se le acondicionan los raspadores que son unas canales en aluminio de 4" y tienen la función de remover el lodo adherido a la banda en la parte interna y externa. Estas canales conducirán el lodo al tanque de captación que está encima de la plataforma metálica del tanque del Sistema API.

Figura 43. Raspador interno y externo



(PELDAR, 2007)

La acometida eléctrica se facilita gracias a que hay una conexión de 440V que alimenta una bomba contigua al oil skimmer. Así que consumos de cable, switches especiales no hubo la necesidad de comprar.

Es necesario cubrir el motor, así que se le hace una guarda para que proteja al motor de agua o impurezas. Adicional a esto se decide prolongar un techo que se tenía allí en la plataforma metálica para que lograrse cubrir la máquina.

Figura 44. Oil skimmer



(PELDAR, 2007)

5.5 CALCULOS MATEMATICOS

Para conocer algunos datos del prototipo tales como rata de remoción y consumo de energía, se calculo lo siguiente.

5.5.1 Transmisión de Potencia

Para hacer un estimativo aproximado de la cantidad de aceite y lodo que se puede recoger, se toman como base los siguientes datos:

Para poder conocer la relación de reducción necesaria desde el motor hasta el rodillo se toman datos reales como lo es el diámetro del rodillo motriz y la velocidad angular del motor.

Se hace sí un estimativo para la velocidad lineal de la banda, que sería un valor estimado.

$$R_{\text{RODILLOMOTRIZ}} = 15\text{cms}$$

$$V_{\text{BANDA}} = 20 \frac{\text{cms}}{\text{min}}$$

$$\omega_{\text{MOTOR}} = 1800\text{rpm}$$

Según la ecuación del movimiento circular

Ecuación 2. Movimiento circular

$$\begin{aligned} V_{t_{\text{RODILLOMOTRIZ}}} &= R_{\text{RODILLOMOTRIZ}} \times \omega_{\text{RODILLOMOTRIZ}} \\ \omega_{\text{RODILLOMOTRIZ}} &= \frac{V_{t_{\text{RODILLOMOTRIZ}}}}{R_{\text{RODILLOMOTRIZ}}} \end{aligned}$$

(@WIKIPEDIA, 2007)

Las revoluciones por minuto del eje del rodillo motriz serán:

$$\omega_{\text{RODILLO MOTRIZ}} = \frac{20 \frac{\text{cms}}{\text{seg}}}{15 \text{cms}}$$

$$\omega_{\text{RODILLO MOTRIZ}} = 1.34 \text{seg}^{-1}$$

$$\omega_{\text{RODILLO MOTRIZ}} = 1.34 \text{seg}^{-1} \times \frac{60 \text{seg}}{1 \text{min}} \times \frac{1 \text{rev}}{2\pi \text{rad}}$$

$$\omega_{\text{RODILLO MOTRIZ}} = 20 \text{rpm}$$

Se necesita que el eje del rodillo motriz tenga una velocidad angular de aproximadamente 20rpm.

5.5.2 Relación motor-rodillo motriz

Si se tiene un motor con 1800 rpm, hay que tener en cuenta que son teóricas, las reales las indica la placa, que en este caso son 1745 rpm.

$$RELACION_{\text{ motor } - \text{ rodillo}} = \frac{\omega_{\text{MOTOR}}}{\omega_{\text{RODILLO MOTRIZ}}}$$

$$RELACION_{\text{ motor } - \text{ rodillo}} = \frac{1745 \text{rpm}}{20 \text{rpm}}$$

$$RELACION_{\text{ motor } - \text{ rodillo}} = 87.25$$

En caso de utilizarse un motor de 1800 rpm, se necesita una reducción de 87.25:1 desde el motor hasta el rodillo motriz.

La relación del motor con respecto al reductor es de 40:1, así que tendríamos una velocidad de eje del motorreductor de 45rpm.

Así que se necesita otra reducción mínimo de 2:1 para lograr reducir la velocidad a la mitad. Es por esto que se buscan dos piñones de diferentes tamaños, se elije uno de 35 dientes y otro de 16 dientes, así se tendría una relación de 2.18.

La relación final desde el motor hasta el eje del rodillo motriz será determinada por 40:1 y del reductor 2.18:1, lo que se obtendría una relación total de 87,2:1.

5.5.3 Cálculos de consumos de energía del motor:

Para conocer los consumos de energía del motor se recurre a los datos de la placa del motor como el voltaje y corriente máxima. Además datos propios de la red eléctrica de la empresa como el factor de potencia que en este caso es 0.78 (factor suministrado por el Departamento Eléctrico de O-I Peldar).

Ecuación 3. Ecuación de potencia

$$P = \sqrt{3}.V.I.\cos\phi$$

(@WIKIPEDIA, 2007)

$$P = \sqrt{3}.V.I.\cos\phi$$

$$\cos\phi = 0.78$$

$$P = \sqrt{3}(440V)(0.5A)(0.78)$$

$$P = 297.22Watts$$

$$P = 0.297W$$

5.5.4 Costo de operación del motor:

La tarifa de energía eléctrica es proporcionada por Empresas Publicas de Medellín (La tarifa de energía eléctrica es suministrada por el Departamento Electrico de O-I Peldar)

$$\text{Costo de energia} = \$160 / KW.h$$

$$\text{Costo de una hora de operacion} = 0.297KW \times \$160 / KW.h$$

$$\text{Costo de una hora de operacion} = \$47.5$$

6. SITUACION INICIAL VS. SITUACION FINAL

La planta de O-I Peldar Envigado tiene las labores de limpieza, mantenimiento de terrenos y edificios subcontratado con terceros, entre las empresas contratistas se encuentra CasaLimpia, que es una empresa multinacional que presta este tipo de servicios. El personal de CasaLimpia se encarga de la recolección de todos los desechos sólidos y líquidos de la planta, así que una persona encargada del aseo era la que tenía que hacer las labores de recolección de los sobrenadantes. El sistema API requiere de varias labores como filtrar, sacar el agua que se recolectaba junto al lodo, bombear el lodo a tanques especiales de captación, hacer limpieza, y es el encargado de mezclarle al lodo una sustancia química llamada Hipoclorito y lo que hace es disminuir la expansión de los lodos cuando están confinados en canecas de 55 galones. Cuando el lodo es empacado en las canecas es sumamente peligroso porque este genera gases que lo que hacen es aumentar la presión interna de la caneca y ésta resulta ser muy peligrosa más aún cuando se trata de movilizarla porque podría estallar en cualquier momento con el más mínimo movimiento brusco. (@PELDAR, 2007)

Figura 45. Sistema API, Peldar, Envigado

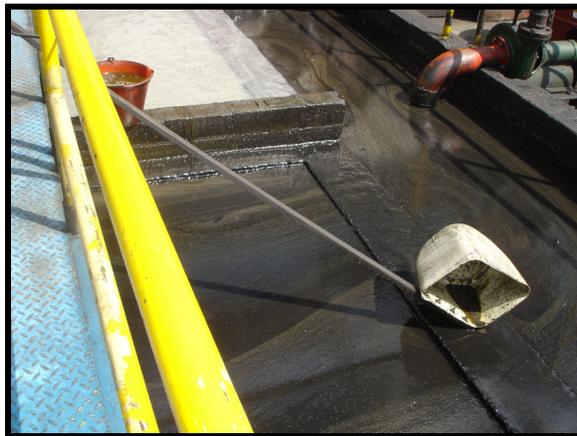


(@PELDAR, 2007)

6.1 SITUACION INICIAL, RECOLECCIÓN MANUAL

Este proyecto nace a partir de estas actividades en el sistema API, que son sumamente tediosas y extenuantes, aparte de ser demoradas y tienen un costo de mano de obra importante para la empresa. La labor más difícil era la de la recolección de los sobrenadantes de lodos que quedan después del proceso en la planta. La persona encargada se tomaba aproximadamente cerca de dos días enteros por semana cuando había mucha cantidad de lodos. El proceso de recolección de lodos en forma manual se hace en forma de “desnatado” recogiendo los lodos en un balde con algunos agujeros que dejan salir el agua. La herramienta era totalmente rudimentaria, pesada, poco eficiente, recoge agua y el proceso se toma mucho tiempo porque además de ser ineficiente se hace en tres etapas; del balde con mango de extensión se llevan los lodos a un balde más grande, y después de este el lodo se vierte en el tanque final.

Figura 46. Balde de recolección manual de lodos



(PELDAR, 2007)

Los costos relacionados con este proceso se estiman teniendo en cuenta que a la empresa le facturan por trabajador de aseo \$3.368 por hora (Dato de 2006). Lo que promediaría un costo mensual en solo mano de obra \$215.552. A parte de

este costo, hay otros que están involucrados como elementos de aseo, baldes, tarros... etc. En resumen, debido a las dificultades que trae tener un proceso manual hacen que los costos se incrementen comparativamente con un proceso automatizado (@PELDAR, 2007).

6.2 SITUACIÓN FINAL, PROCESO MEJORADO

El proceso paso de ser manual a semiautomático, el aseo se convierte en operador de la máquina que recolecta lodos. Las mejoras realizadas se reflejan en eficiencia en litros/minuto de lodo y en costos de proceso \$/año. En ambos aspectos el Oil Skimmer logra disminuir en porcentajes superiores al 90%.

Figura 47. Recolección con el Oil Skimmer



(PELDAR, 2007)

Como aspectos principales de la mejora de un proceso a otro es importante de los resultados finales, es que no se hizo ninguna inversión, es así que el payback es de cero días. Desde el primer día de funcionamiento del Oil Skimmer la empresa está ahorrando en costos de producción. Además, según cálculos realizados, mientras con la recolección manual se gasta \$3.368 por hora, con la máquina se gasta \$47.5 por hora.

Tabla 13. Recolección manual vs. Oil skimmer, datos comparativos

Oil Skimmer vs. Recolección Manual		Recolección Manual	Oil Skimmer	
	Practicidad	Alta suciedad durante recolección por transporte		Proceso de recolección en canal
		Trabajo tedioso y desgastante		Elimina operario
		Trabajo en dos etapas		Una etapa
		Utilización de baldes, tarros, elementos aseo		No aplica
		Fatiga por parte operario		No aplica
		Manual		Semi-automático
	Costos y Eficiencias			
	Costo hora [\$ / hr]	\$ 3.368	\$ 47,5	
	Eficiencia [Lts / min]	5	8	
	Costo [\$ / Gl]	\$ 2,8	\$ 0,024	
	Costo Anual	\$ 2.263.296	\$ 22.800	
	Costo Comercial de un Oil Skimmer		U\$ 10,000	
	PAY BACK	0		
Reducción en Costos de Operación	98,99%			

(PELDAR, 2007)

6.3 MANTENIMIENTO Y CUIDADOS DE LA MÁQUINA

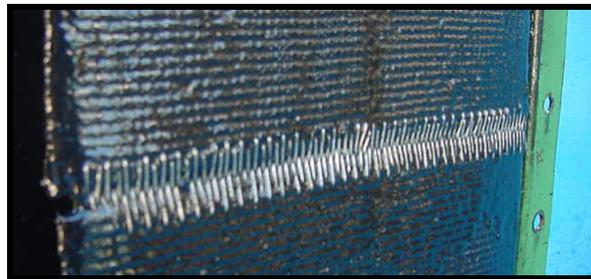
La máquina es sencilla y sus cuidados son pocos, sin embargo es importante tener en cuenta que hay algunas piezas que se deterioran, tienen su vida útil. Los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos hacen parte de la operación normal de la máquina.

6.3.1 Mantenimiento preventivo:

- Se pueden hacer rutinas de toma de amperajes semanales para tener control sobre el motor y su funcionamiento.

- La toma de temperatura del motor al tacto es importante para reconocer variaciones por sobrecargas y posibles vibraciones.
- Es importante chequear el nivel de aceite del reductor semanalmente.
- Check List: Revisar antes del arranque que la banda esté centrada y que su empate esté en buenas condiciones, bien ajustado. Que el motor arranque sin movimientos o ruidos bruscos.

Figura 48. Empate de grapas



(@PELDAR, 2007)

6.3.2 Mantenimiento predictivo:

Es difícil pensar en que se tenga que llegar a tal punto, sin embargo se pueden hacer análisis de aceites al aceite del reductor que es bien importante para la lubricación de los piñones. En algún caso extremo, un análisis de vibraciones para el motor quizás daría una información extra acerca del estado actual del motor.

6.3.3 Mantenimiento correctivo y cambio de piezas:

El Oil Skimmer tiene dos piezas que necesitan ser cambiadas a corto plazo ya que son las que están en constante contacto y entre ellas hay mucha fricción. Las canales y la banda pueden llegar a deteriorarse más rápido con el tiempo que las otras piezas de la máquina ya que estas están en constante roce y fricción. Además la banda tiene un empate por ganchos y al hacer este contacto con las

canales pueden acelerar el proceso de abrasión. Es importante aclarar que el lodo gracias a que tiene alto contenido de aceite sirve para lubricar el roce entre las piezas y ayudar en algo la abrasión.

7. DIMENSION COMERCIAL DEL PROYECTO

Los oil skimmer son prototipos que se encuentran en el mercado de manera asequible, lo cual comprueba que la utilización de estos prototipos no se limita a una sola compañía, ni a una sola ciudad, ni mucho menos al departamento de Antioquia.

Es por esto que uno de los objetivos de este proyecto, es llevar la construcción de oil skimmers con bajo presupuesto y materiales reutilizables, al resto de la industria local y nacional.

Primero es importante determinar las funciones que un oil skimmer (como el construido en Peldar) cumple para así determinar una necesidad y con ella ahondar en los tipos de industria que serian usuarios potenciales del oil skimmer.

La función del oil skimmer es sencillamente separar los lodos de una mezcla de agua y lodos, para así dejar el agua lo más limpia posible y permitir su reutilización. Partiendo de esta función, lo que hay que pensar es que industrias o que empresas, en medio de su proceso de producción, requieren una separación evidente de 2 fluidos, bien sea para una reutilización o para evitar impactos ambientales. Para esto se plantean algunos tipos de industria como: Industria automotriz, industria de plásticos, industria textil, industria del vidrio, entre otros.

7.1 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Tanto en el proceso de producción del sector automotriz como en los procesos de mantenimiento de vehículos, se generan desechos fluidos que generan un alto impacto ambiental por su alto factor contaminante. En la parte de producción automotriz existen procesos tales como el proceso de pintura y el proceso de alistamiento, en donde se generan desechos de pinturas, bases, aceites,

mezclados con agua. Si esta mezcla no es filtrada, el factor contaminante sería bastante alto. Es por esto que un Oil Skimmer sería una solución tanto ambiental como financiera pues aparte de que se controla la producción de desechos peligrosos, se podría pensar en reutilizar el agua usada en dichos procesos o en procesos donde el nivel de pureza del agua, no sea un factor determinante. En la parte de mantenimiento de vehículos, los talleres de servicio tienen principalmente dos generadores de desechos peligrosos; uno es el aceite quemado de los vehículos que debe ser tratado bajo normas ambientales. Este aceite en ocasiones se mezcla con agua por exposición al aire libre o por descuido de los técnicos y debe ser separado de la misma. El segundo generador de desechos peligrosos en un taller de servicio automotriz, es la zona de lavado de vehículos. En ocasiones los vehículos vienen de fábrica con recubrimientos a base de aceite para proteger el vehículo hasta el lugar de distribución. Estos recubrimientos, en el valle de aburra, se acostumbra a retirarlos con combustibles y con jabón lo cual es un gran contaminante por el contenido de hidrocarburos de dicha mezcla.

Esta industria se hace potencial tanto a nivel local como a nivel nacional por la gran cantidad de talleres de servicio que hay en Colombia. Este enfoque debe hacerse pensando en talleres de servicio automotriz con un paso vehicular significativo.

El potencial es el siguiente:

Tabla 14. Potencial de mercado de la industria automotriz.

Mercado	Cantidad en Antioquia	Cantidad en Colombia
Talleres de Servicio Automotriz con alto flujo vehicular	155 aprox.	650 aprox.
Talleres de Servicio Automotriz (todos)	587 aprox.	2278 aprox.

(@PAGINASAMARILLAS, 2007)

7.2 INDUSTRIA DEL PLASTICO

La industria del plástico, utiliza mucho como método de fundición, hornos con temperatura controlada los cuales utilizan como refrigerante el agua. En el proceso de refrigeración, el agua se va mezclando con aceite y grasas, que en el momento de reutilizar el agua, hay que separarlos. Esta necesidad es exactamente igual a la necesidad que presenta Peldar, pues es un proceso muy similar. Esta industria abarca todas las empresas productoras de elementos plásticos tales como bolsas, empaques, vasos, botellas, entre muchos otros que conforman el sector.

La producción de elementos plásticos, requiere de tratamientos térmicos tanto para su conformación como para su acabado, es decir, la etapa de pigmentación y determinación de forma, requieren el uso de hornos para lograr temperaturas requeridas en el proceso final de producción.

Al igual que en el proceso del vidrio, tanto los hornos como los moldes y los conductos de la materia en transformación, son refrigerados con agua alrededor de todo el proceso y también, el agua refrigerante, se ve contaminada por

múltiples factores como el aceite, grasas de lubricación, lodos, entre otros elementos.

Es por esto que la industria del plástico, se ve obligada a utilizar tanques API para el tratamiento de hidrocarburos en los fluidos de refrigeración y es por esto que se convierte en un mercado potencial para este proyecto.

Tanto en Colombia como en el departamento de Antioquia, existen muchos fabricantes de productos plásticos, bien sean empaques, bolsas, vasos, cubiertos, platos, entre muchos otros que interactúan con nosotros diariamente.

El potencial de este mercado lo podemos ver reflejado en las siguientes cifras.

Tabla 15. Potencial de mercado de la industria del plástico.

Mercado	Cantidad de Empresas en Antioquia	Cantidad de Empresas en Colombia
Acrílicos	62	287
Artículos Plásticos	47	139
Bolsas Plásticas	157	510
Empaques Plásticos	81	189
Empaques Polietileno	10	66
Envases Plásticos	47	251
Hules	2	16
Inyección Plástica	53	174
Polietileno	14	60

Tapas Plásticas	15	77
Laminas Plásticas	7	26
Telas Plásticas	12	36
Vasos desechables	34	120
TOTAL	541	1951

(@PAGINASAMARILLAS, 2007)

Las cifras anteriores, pertenecen a todos los establecimientos de plástico que hay tanto en Antioquia, como en Colombia. Esto significa que en las cifras anteriores están incluidos tanto productores como distribuidores de plástico.

El potencial real para este proyecto, es del 30% del total de empresas de plástico, lo que equivale al porcentaje de productores de plástico. Esto indica que el potencial real es el siguiente.

Tabla 16. Potencial de mercado real de productores de plástico.

Mercado	Cantidad de productores de plástico en Antioquia	Cantidad de productores de plástico en Colombia
Total Plástico	163	586

(@PAGINASAMARILLAS, 2007)

7.3 INDUSTRIA TEXTIL

Este proyecto es bastante aplicable a este tipo de industria por sus desechos de mugre y lodos. Esta industria cubre todos los negocios o empresas relacionados con lavanderías de ropa, industriales, teñido y acabado del sector textil. Sus desechos son contaminantes peligrosos y causantes de impacto ambiental y su necesidad por reutilizar agua es evidente ya que el agua es la principal materia prima (por tanto significa un costo) de este tipo de negocios, y al reutilizarla, significaría un ahorro y un aumento en el costo-beneficio del agua. Es por esto que este proyecto un poco adaptado a sus necesidades, se convierte en una opción de utilidad para el sector textil. Y se dice que adaptado por que para reutilizar agua residual de un proceso de lavandería, se necesita un poco más que separar los lodos, también es necesario darle mas pureza al agua para comenzar de nuevo un proceso de lavado, por ejemplo.

Entonces, la reutilización del agua como una opción de negocio y la protección del medio ambiente, como apoyo a la misión de las empresas de este mercado, son las principales motivaciones para que estas empresas se decidan a incursionar en un proyecto como este tan positivo y además tan económico.

Medellín ha sido catalogada como la ciudad de la moda en Colombia, y además una ciudad textilera por excelencia (PROEXPORT@, 2007). Por esta razón en ella encontramos cantidades de textileras y de negocios relacionados con el medio tal y como lo son las tintorerías y demás mencionadas anteriormente. Allí se encuentra un potencial del Oil Skimmer como lo vemos a continuación.

Tabla 17. Potencial de mercado de la industria textil.

Mercado	Cantidad de negocios en Antioquia	Cantidad de negocios en Colombia
Lavanderías para ropa	92	623
Lavanderías Industriales	1	3
Tintorerías para gamuza y cuero	10	23
Lavanderías de productos de plumas	1	5
Lavanderías autoservicio	0	9
Lavanderías de alfombras, cortinas y tapicería	84	538
TOTAL	188	1201

(@PAGINASAMARILLAS, 2007)

7.4 INDUSTRIA DEL VIDRIO

Los productos de la cadena del vidrio hacen parte del sector productor de minerales no metálicos, al igual que los productos de cerámica y cemento. La importancia de la industria del vidrio en Colombia radica en la amplia gama de usos que éste tiene, así como en sus encadenamientos con otras actividades como la construcción. El vidrio plano constituye un material básico en las

estructuras, y tiene diversos usos decorativos. Es consumido por el sector automotriz, el de alimentos (conservas, jugos, gaseosas, cervezas), y el farmacéutico.

La industria de vidrio en Colombia está altamente concentrada, en particular en la producción de envases y de vidrio plano. Cristalería Peldar S.A. es la empresa más importante dentro de esta industria en la parte de envases de vidrio, pero existen otras tantas empresas en Colombia que trabajan otro tipo de productos en vidrio para sectores de la industria automotriz, construcción, farmacéutico, entre otros.

Los productos que se trabajan principalmente en Colombia son:

- Vidrio plano grabado
- Vidrio plano liso
- Envases
- Cristalería
- Vidrio para alumbrado
- Vidrio de seguridad templado
- Lana de vidrio

A continuación se puede apreciar la dimensión del potencial de la industria del vidrio en Colombia.

Tabla 18. Potencial de mercado de la industria del vidrio.

Cantidad de establecimientos de vidrio en Antioquia	Cantidad de establecimientos de vidrio en Colombia
14	58

(@DANE, 2007)

Con las cifras recopiladas anteriormente, este proyecto se puede dar una idea de que tan potencial es en el mercado local y nacional. Por supuesto que existen muchas clases de industria donde se podría comercializar este proyecto, pero las industrias anteriormente mencionadas, son el mercado más cercano que tiene el proyecto.

Partiendo de un potencial a nivel nacional de algunas de las industrias que funcionan en el país, y teniendo cifras concretas de la cantidad de mercado potencial, se puede pensar en expandir el mercado de este proyecto a otros países más industrializados, lo que indica más potencialidad de mercado. Países con situaciones sociopolíticas similares a la colombiana, tales como Perú, Ecuador, Bolivia, Venezuela, entre otros, se convierten en los mercados más próximos del proyecto debido a que en cierta ocasión pueden presentar necesidades en la industria muy similares a las de Colombia, tanto en lo económico como en lo ambiental.

Si se fuera a construir el prototipo con materiales completamente nuevos, los costos se aproximarían a lo siguiente:

Tabla 19.Precios de materiales nuevos y costo de fabricación.

Pieza	Cant.	Precio Unitario (nuevo)	Precio Total materiales nuevos	Precios de materiales nuevos utilizados
Estructura	1	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ -
Rodillo motriz	1	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ -
Rodillo sumergido	1	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ -
Chumaceras	2	\$ 50.000	\$ 100.000	\$ -
Soporte de chumaceras	2	\$ 80.000	\$ 160.000	\$ -
Motorreductor	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ -
Piñones	2	\$ 80.000	\$ 160.000	\$ -
Cadena #50	1	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ -
Banda Caucho 12"	1	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ -
Juego de Tornillería	1	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000
Raspadores	2	\$ 35.000	\$ 70.000	\$ 70.000
Empate de ganchos o grapas	1	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 5.000
TOTAL			\$ 3.485.000	\$ 85.000

(Elaboración propia)

Los costos totales de fabricación se presentan por \$85.000 pues casi la totalidad de materiales usados, fueron reciclados de la compañía.

8. POSIBLES USOS PARA DESECHOS (LODOS)

En la planta de O-I Peldar se cuenta con un Departamento Ambiental que es el encargado del manejo de todos los residuos que se generan en la planta, tanto residuos sólidos, líquidos y gaseosos esto con el fin de cuidar el medio ambiente y cumplir a cabalidad la normatividad ambiental vigente en nuestro país.

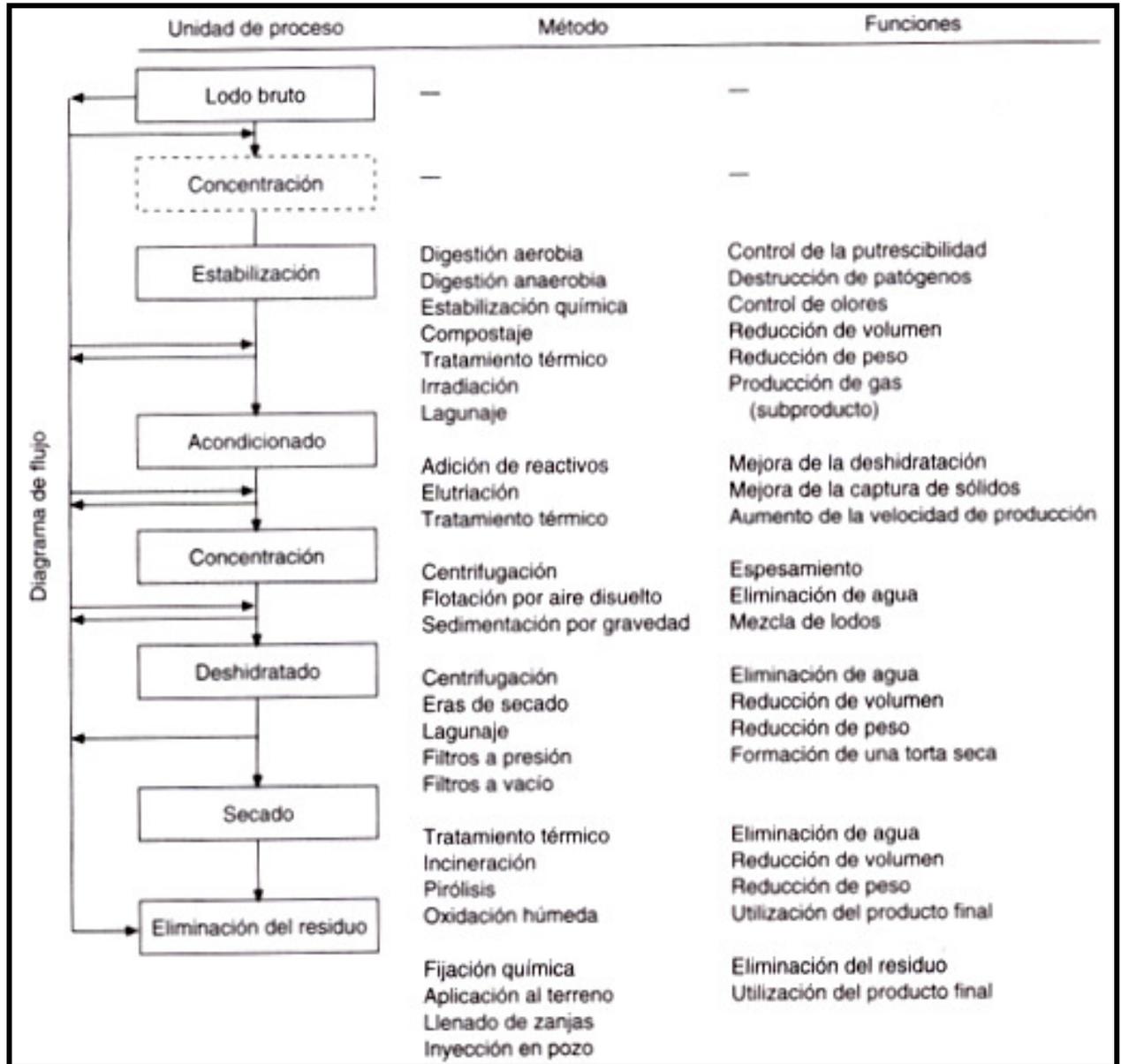
8.1 DESTINO ACTUAL DE LOS LODOS

Estos residuos pueden ser de dos características; peligrosos y no peligrosos. Los residuos líquidos peligrosos son aquellos que provienen de hidrocarburos y tienen alto contenido de metales pesados. El lodo que se genera y separa en el Sistema API son desechos peligrosos, esto se concluye tras un análisis de laboratorio realizado por la empresa. Es por ello que estos lodos deben ser tratados con sumo cuidado porque pueden presentar un potencial problema ambiental o peor aun un problema de salud pública. (@PELDAR, 2007)

La disposición final de los lodos no puede ser tomada a la ligera por los grandes riesgos, es así que se tratan de buscar diferentes maneras responsables de manejar estos residuos. Además la empresa tiene en su imagen el cuidado del medio ambiente al impulsar el vidrio como un material de empaque totalmente ecológico y 100% reciclable.

Los tratamientos de los lodos siempre buscan eliminar los elementos que son peligrosos y convertir esos lodos en abono. De no ser posible, se procede a incineración o confinamiento (@PELDAR, 2007).

Figura 49. Diagrama de flujo de lodos



(@MADRIMASD, 2007)

En la actualidad la disposición final de los lodos se realiza mediante un tratamiento que es realizado por BIOLODOS LTDA que es una empresa de la ciudad de Bogotá que realiza un tratamiento que se llama Laminas Filtrantes, este

tratamiento permite eliminar los metales pesados y el resultado final es un lodo desactivado (no peligroso).

8.1.1 Láminas Filtrantes

Es un combinación de un sistema de filtrado conformado por el sustrato de crecimiento y la planta phragmites communis o chuscal (especie micófitas), la que tiene como ventaja el uso de cada una de sus secciones para realizar su remoción (sistema de flujo superficial) (@UDISTRITAL, 2007).

Dicho sustrato esta generalmente constituido por material inerte como roca, grava, arena y biomasa. La permeabilidad del sustrato, junto con el gradiente hidráulico, contribuyen a determinar el régimen hidráulico y las condiciones necesarias para mantener el flujo en el sistema. Adicionalmente, permite una acción de filtración mecánica y conformada además con el conjunto de raíces de las macro fiitas, el sustrato para adherencia de la película biológica integrada por bacterias, hogos, protozoos, pequeños metazoos (alrededor de 1.000 bacterias/gr), responsable de la depuración , aprovechando así la actividad biológica de la planta phragmites communis conocida comúnmente como chuscal.

El oxígeno es transportado a través de poros de la planta hasta las raíces de la misma, con el fin de aumentar la actividad biológica.

El sistema se compone básicamente de un sedimentador primario que remueve sólidos suspendidos y grasas, y de una piscina impermeabilizada de aproximadamente 60 cm de profundidad requerida para un especie vegetal.

Desde las capas del filtro de arena, se reparte el caudal con ayuda de la capacidad capilar de la tierra e de la presión del agua a través de ella.

Ahí la actividad biológica se desarrolla con ayuda de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos (@UDISTRITAL, 2007).

8.2 LODOS

Los lodos son compuestos de subproductos recogidos en las diferentes etapas de descontaminación de las aguas residuales. Su producción resulta de un proceso de acumulación consecutivo de tres fenómenos combinados:

- La producción de microorganismos
- La acumulación de materias en suspensión minerales
- La acumulación de materias orgánicas no biodegradables en las condiciones de trabajo

Una característica muy importante de los lodos es la fuerza con la que el agua está ligada a la materia seca que contienen. Una parte del agua se presenta como agua libre, pero la mayor cantidad del agua adicional requiere de fuerzas externas para ser eliminada.

Principales Características:

- Sequedad: 20-30%
- Materia orgánica: 60-80%
- Materia inerte: 40-20%
- Nitrógeno: 3-5%
- Escaso contenido en macroelementos (P y K).
- Posible presencia de metales pesados.
- Microorganismos patógenos: bacterias, parásitos intestinales y virus.

(WIKIBOOKS@2007).

Figura 50. Análisis de laboratorio de lodos extraídos de Peldar

RESULTADO DE ANÁLISIS	
Informe No. 29.609	
Muestra de:	* Lodos.
Interesado:	CRISTALERÍA PELDAR
	Ing. Diego Pinilla B.
Procedencia:	Envigado Ant.
Fecha de recibo:	07-07-06
Registro Lab. No:	1469
Resultados:	
Aceites y Grasas:	42.620.00 mg/L.
D.Q.O:	2.146.00 mg/L.
D.B.O₅:	1.480.00 mg/L.
Sólidos Suspendidos:	2.460.00 mg/L.
Sólidos Sedimentables:	1.630.00 mg/L.
Cromo-Cr:	1.50 p.p.m.
Estaño-Sn:	< de 0.01 p.p.m.
Mercurio-Hg:	< de 0.01 p.p.m.
Plomo-Pb:	15.20 p.p.m.
Análisis según normas APHA – AWWA - APCF, STANDARD METHOD'S OF CHEMICAL ANALYSIS y E.A.A.	

(PELDAR, 2006)

8.2.1 Tipos de lodos

- Urbanos:

Generados durante el tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico. Poseen un contenido en materia volátil elevado (70% de la materia orgánica seca). En lo que concierne a su producción, se parte de la estimación de que un

habitante produce entre 15-20 Kg de materia seca/año (0,2 Kg de MS/m³ de agua depurada).

- Industriales:

Generados durante el tratamiento de las aguas industriales y sus características dependen de la naturaleza de las actividades industriales asociadas. Por ejemplo, las industrias agroalimentarias producen lodos orgánicos, mientras otros lodos industriales son esencialmente minerales y contienen elementos traza metálicos (lodos hidróxidos) u orgánicos. Su producción alcanza los mismos niveles que la de los lodos urbanos (@WIKIBOOKS, 2007).

8.3 POSIBLES USOS

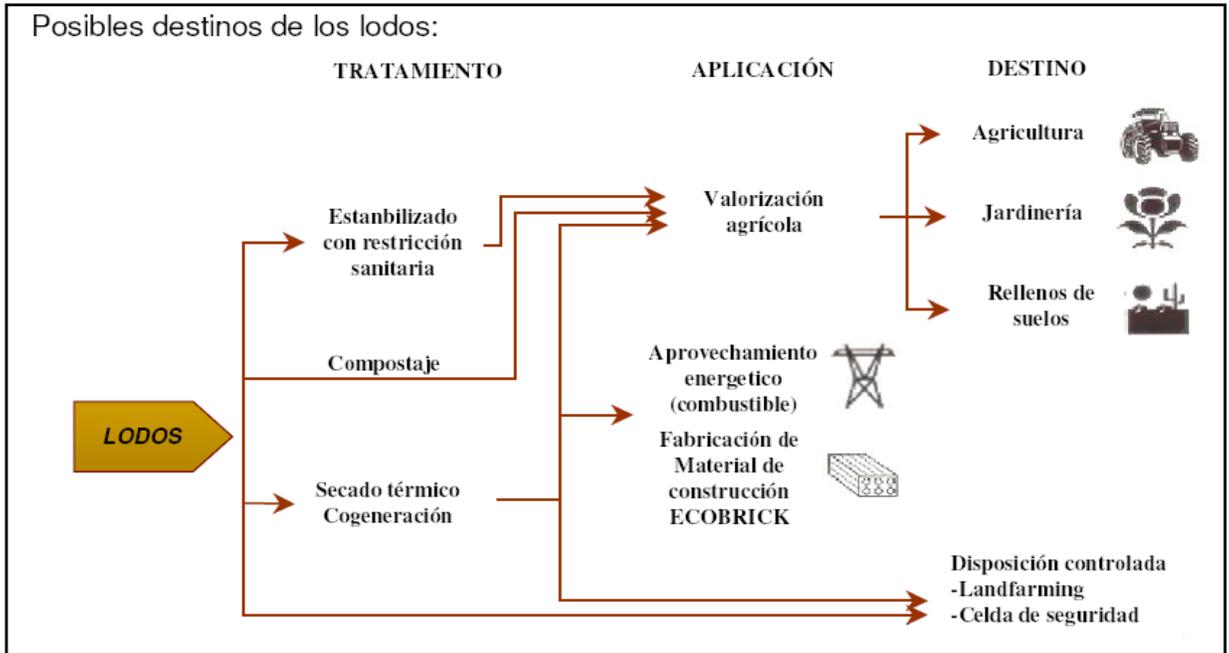
El uso final más adecuado para los lodos es la devolución de estos al suelo, haciendo parte de ellos, bien sea para abono o simple relleno de terreno. Esto es posible siempre y cuando los lodos estén “desactivados” que no haya posibilidades de contaminación.

Hay que partir de varias premisas para pensar en disposiciones finales en la planta de Envigado. El terreno es muy reducido y para algunos tratamientos se necesitan extensiones de terreno considerables para llevar a cabo los procesos de secado, descomposición, etc. Otro aspecto a tener en cuenta es que teniendo el producto final, la “tierra” a partir de los lodos, no habría lugar donde verterla. Así que la disposición final de los lodos será labor de terceros ajenos a la planta, quienes se puedan encargar del uso de los lodos.

En la actualidad existen tres son los principales usos posibles de lodos:

- Aplicación al suelo con fines de fertilización y reciclaje de nutrientes y de la materia orgánica
- Valorización energética, incluyendo biometanización
- Depósito en vertedero. (@SECVAC, 2007)

Figura 51. Posibles destinos de los lodos



(@SECVAC, 2007)

8.3.1 Agricultura y suelo:

Los lodos industriales son utilizados que son no peligrosos son utilizados en forma de abonos para cultivos, o para simple devolución a la tierra en lugares donde haya habido extracción como minas. (@SECVAC, 2007)

Esta sería una opción muy viable para sacarlo fuera de la planta hacia otro terreno, el impacto ambiental sería mínimo y se devuelve a la tierra material no contaminante.

8.3.2 Aprovechamiento energético:

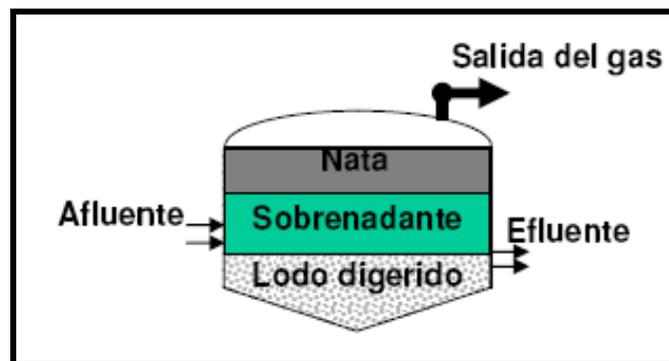
Este podría ser muy interesante, conociendo la alta demanda de energía y combustible que tiene la planta se podría pensar en la generación de gases para

algunas aplicaciones donde no se necesitan altos volúmenes de gas natural, o metano de ser este el caso.

Mediante el tratamiento de metanización se puede extraer gas metano a partir de los lodos. (@SECVAC, 2007)

Denominamos metanización de residuos sólidos al proceso de fermentación anaeróbica de los componentes orgánicos de los mismos. Dicha fermentación es producida por bacterias que se desarrollan en ambientes carentes de oxígeno. (@SECVAC 2007)

Figura 52. Diagrama de biodigestor



(SECVAC@,2007)

Durante el proceso de transformación de la materia orgánica (digestión) dichas bacterias producen un gas denominado por su origen "biogás", el cual se compone fundamentalmente de metano (CH_4) y de dióxido de carbono (CO_2). Los porcentajes de participación de estos gases son variables y dependen de las condiciones fisicoquímicas en que se desarrolla la "digestión" de la materia orgánica.

Para el caso de los residuos domiciliarios pueden obtenerse porcentajes de metano del orden del 50%. (@SECVAC, 2007)

8.3.3 Depósito en vertederos:

La opción para la empresa no es muy adecuada ya que la idea es sacar algún provecho de los lodos dentro de la planta y estos desechos se tienen que depositar en vertederos especializados en el tema. Además es la opción menos amigable con el medio ambiente ya que existen muchas posibilidades que los lodos no se confinen bien y haya escapes de lixiviados, de gases peligrosos, o del mismo lodo. (@PELDAR, 2007)

8.3.4 Otros posibles usos:

Existen otras opciones adicionales a las anteriores que podrían funcionar para este caso. Los lodos también son utilizados como mezcla de material de construcción. Debido a la alta demanda de obras civiles dentro de la empresa, se podría dar el caso que los lodos desactivados puedan ser mezclados junto con el concreto para hacer vaciados, o trabajos que no requieran altos estándares de seguridad como rellenos de pisos, vías de acceso, entre otros.

Una alternativa para el destino final de los lodos lo constituye el sector de la construcción, que por sus grandes necesidades de materias primas puede absorber la práctica totalidad de los lodos generados por el tratamiento de aguas residuales del país. La inertización de los mismos en matrices cerámicas permite obtener materiales aptos para la construcción (@WIKIBOOKS, 2007).

A juicio de Joan Cusidó de la Universidad Politécnica de Cataluña existen importantes oportunidades de negocio en la valorización cerámica de los lodos de depuradora y potabilizadora. Los productos finales han demostrado una perfecta adecuación a las normativas técnicas para su uso en la construcción. (@WIKIBOOKS, 2007).

9. CONCLUSIONES

- La literatura obtenida de la investigación acerca de normas ambientales que rigen actualmente nuestro entorno, permitió conocer las limitaciones de los organismos gubernamentales. El análisis de esta literatura permite observar una diferenciación negativa entre la legislación nacional frente a las normas que rigen a las empresas en el ámbito internacional.
- En Peldar, al realizar un análisis basado en la literatura obtenida acerca de reglamentación ambiental, se tomó este como punto de partida y se confronta con la realidad. Este resultado arroja que el nivel o porcentaje que se está cumpliendo con las normas ambientales, es satisfactorio para el medio ambiente en la medida en que se cumple con la reglamentación necesaria.
- La investigación acerca de los métodos de separación de lodos, permite conocer diferentes métodos de separación de fluidos, su importancia en el mercado y los fabricantes de dichos prototipos
- La identificación de las necesidades de construcción es un factor importante debido a que según las necesidades se establecen criterios de espacio, costo, rendimiento y así confrontar dichos criterios, con los criterios de cada uno de los métodos.
- En la recolección de datos de la investigación realizada sobre los diferentes métodos de separación de fluidos, se observa la existencia de múltiples métodos de separación de fluidos que se diferencian entre si por su principio mecánico y cada método de separación se utiliza según su principio, en una plaza dada.

- En los métodos de separación se toman sus características de remoción tales como velocidad, efectividad, tiempos, entre otras como los factores principales para tomar una decisión de cual método escoger según la necesidad que se presente.
- El diseño de diferentes propuestas para la remoción de lodos, permite enfocar los conceptos iniciales a las necesidades más importantes en la construcción de un prototipo funcional. Entre estas necesidades importantes para Peldar se consideran el costo y la eficiencia como las más relevantes considerando que su misión no está enfocada directamente ni a un compromiso ambiental ni a beneficiarse económicamente como fuente principal, de la remoción de lodos.
- La realización de una lista de materiales necesarios para la construcción del prototipo, permitió enfocar la búsqueda de los mismos, optimizar costos de fabricación y concretar costos de fabricación y montaje.
- De la búsqueda de materiales para la construcción del prototipo dentro de Peldar, se obtuvo que además de reciclar materiales y así contribuir con el medio ambiente, los costos de la fabricación del prototipo apuntaron al mínimo costo casi a \$0 pesos, ya que casi la totalidad de los elementos que constituyen el modelo fueron conseguidos dentro de la planta de Peldar y no generan un costo para la empresa, a su vez se contribuye con la reutilización de elementos en procura del medio ambiente.
- Hay piezas usadas que debido al deterioro en su función principal son desechadas sin tener en cuenta las diferentes alternativas aparte de su chatarrización. Con este proyecto se demuestra que algunos elementos que son

inútiles para algunas tareas pueden ser reutilizados en otros procesos, en beneficio para la empresa al alargar la vida útil de sus activos.

- A nivel comercial, el proyecto no se limita únicamente a Peldar, debido a que aplica a procesos de fabricación similares tales como la industria textil, la automotriz, la industria del plástico, entre otras, las cuales tienen un amplio sector de la economía nacional según los datos estadísticos más recientes de la industria nacional.
- Al establecer el costo de fabricación del oil skimmer, y al saber el costo de cada una de las partes del mismo, se establece un precio comercial para la industria nacional el cual es completamente competitivo y mantenible en el tiempo con respecto a productos similares de fabricación extranjera.
- Los lodos industriales pueden ser aprovechados para obtener un beneficio energético por medio de la biometanización al obtener gas metano. La búsqueda de nuevas fuentes de energía debido a los altos costos del petróleo, llevan a la empresa a buscar energías alternativas más económicas como el gas natural y el gas propano. El gas metano generado a partir de los lodos, por medio de la biometanización, se puede convertir en una fuente de energía para algunos procesos de bajos consumos de gas como son los hornos de moldura en Peldar.
- O-I Peldar, al ser líder en reciclaje de vidrio como material de empaque, tiene que tener unas políticas claras en cuanto a conservación y manejo del medio ambiente. Además al ser la planta de Envigado tan cercana a barrios residenciales, principalmente los ruidos y olores tienen que estar bajo control constantemente.

- Este proyecto queda como punto de partida para realizar mejoramientos del prototipo en aspectos importantes como el diseño para optimizar materiales de construcción y costos, y en la eficiencia para optimizar ratas de remoción y tiempos.
- En el ámbito ambiental el proyecto queda abierto a realizar análisis químicos de DBO y DQO para el aprovechamiento de lodos en distintas áreas como la construcción, rellenos sanitarios y aprovechamiento de energía.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA CLÁSICA

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2002. 34 p. NTC 1486.

BIBLIOGRAFÍA WEB

- Ambarenvironmental@, 2007. USA.; Ambar Oil Skimmers and environmental Products,

<http://www.ambarenvironmental.com> (21 mayo de 2007)

- drumskimmer@, 2007 USA; Elastec Inc. Oil Spill Equipment

<http://www.drumskimmer.com/skimmers.html> (21 mayo de 2007)

- zebraskimmers@, 2007 USA; Zebra Skimmers Metalworking Fluid Manteinance Products

<http://www.zebraskimmers.com> (21 mayo de 2007)

- acsmedioambiente@, 2007 México; ACS Medio Ambiente

<http://www.acsmedioambiente.com/> (21 mayo de 2007)

- separadordegrasas@, 2007 España; SOLUMED Soluciones medioambientales e Industriales

<http://www.separadordegrasas.com/> (21 mayo de 2007)

- Wikipedia@, 2007 España; La enciclopedia libre Wikipedia, “Mecánica de Fluidos”,
<http://es.wikipedia.org> (18 de mayo 2007)
- Peldar@, 2007 Colombia
O-I Peldar web site
<http://www.peldar.com.co/compania.htm> (15 de abril 2007)
- Slickbar@ 2007 USA; SlickBar: Oil skimmers, transfer pumps and hoses
<http://www.slickbar.com/slickbar/> (15 de Agosto de 2007)
- Abanaki@ 2007 USA; Abanaki: The world’s leading manufacturer of industrial Oil Skimmers
<http://www.abanaki.com/> (2 de Agosto de 2007)
- Megator@ 2007 USA; Megator: Pumping and pollution control solution
http://www.megator.com/oil_skimmers.htm (2 de Agosto de 2007)
- Ultraspin@ 2007 Australia; Ultraspin: Oil water separator, oil skimmers and car wash wáter reclaim system
<http://www.ultraspin.com.au/> (2 de Septiembre de 2007)
- Paginasamarillas@m2007 Colombia; Páginas Amarillas de Publicar S.A.
<http://www.paginasamarillas.com/Colombia/> (5 de Octubre de 2007)

- DANE@ 2007 Colombia; DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

<http://www.dane.gov.co/> (5 de Octubre de 2007)

- Proexport@ 2007 Colombia; Proexport Colombia promotes the colombian exports, the foreing investment and the tourism to Colombia.

<http://www.proexport.com.co/VBeContent/NewsDetail.asp?ID=5001&IDCompany=22> (7 de Octubre de 2007)

- Wikipedia@ 2007 España; La enciclopedia libre Wikipedia “Tratamiento aguas residuales”

http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas (13 de Agosto de 2007)

- FRM@ 2007 Argentina; Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.) y Demanda química de oxígeno (D.Q.O.)

http://www.frm.utn.edu.ar/investigacion/compuquim/dqo_dbo.htm (20 de Septiembre de 2007)

- Wikibooks@ 2007 España; Destino final de lodos y aguas residuales

<http://es.wikibooks.org/> (9 de Octubre de 2007)

- Itba@ 2007 Argentina; Trabajo final de especialidad
<http://www.itba.edu.ar>

- Udistrital@ 2007 Colombia; Humedales Artificiales

<http://www.udistrital.edu.co/> (9 de Octubre de 2007)