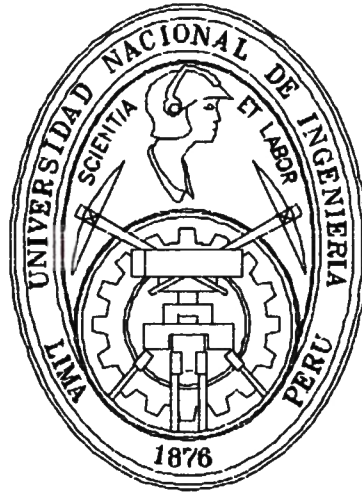


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y MANUFACTURERA



**“DISEÑO DE UN DECANTADOR PRIMARIO PARA EL
PROCESO DE LAVADO DE LOS GASES DE COMBUSTION DE
UN CALDERO”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO**

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACION DE
CONOCIMIENTOS**

PRESENTADO POR:

RITA LAURA BEDOYA SANDOVAL

LIMA – PERU

2003

Dedico este informe a mis padres: Jesús y Olga, por su eterno apoyo y confianza, a mi esposo Roger por su amor y su fe en mí.

Agradezco a todos los que colaboraron en este informe con su paciencia y dedicación.

RESUMEN

El presente informe se basa en la importancia del diseño de un decantador primario para eliminación de sólidos suspendidos, producto de la combustión de un caldero, utilizado en la manufactura de gas carbónico, este decantador primario se encontrará localizado luego de una torre de enfriamiento de las aguas de lavado, estos equipos se encuentran en el área de lavado de gases.

El decantador primario será diseñado para depositar los sólidos disueltos provenientes de la combustión completa de un caldero, el control de los sólidos y el diseño, esta basado en los estudios realizados en el curso de **Tecnología de Control Ambiental**, este curso nos permitió evaluar la importancia y beneficio del uso de este decantador primario, para el rehuso del agua tratada y su beneficio en un sistema cerrado en el que se encuentra, ya que permite que se consuma menor cantidad de agua de reposición.

El control de la disminución de los sólidos en suspensión es también importante, para el proceso, ya que también esto implica una disminución de costos, en el consumo de agua, teniendo en cuenta que, la eliminación de los sólidos decantados se realizara mediante cisternas contratadas para desechos industriales.

El agua de lavado también tiene un control de pH, el cual debe estar dentro de un rango de 7-8, para lo cual se utiliza el método de neutralización de un ácido y tener en caso de evacuación del agua para mantenimiento de la torre un parámetro de control ambiental con respecto al pH del agua de eliminación.

INDICE

I	Introducción.	5
II	Conceptos básicos.	6
	II-1 Bases de proyecto.	6
	II-2 Decantación Primaria.	6
	II-2.1 Tipos de decantación .	
	II-3 Tiempo de detención.	7
	II-4 Características de dimensionado de los decantadores.	10
	II-5 Casos de decantación primaria obligatoria.	12
	II-6 Casos de supresión de decantación primaria.	12
	II-7 Sólidos en suspensión.	13
	II-8 Lavador.	13
	II-9 Producción de fango.	13
	II-10 Tipo, tamaño y forma de los tanques.	15
	Proceso del lavado del gas de combustión de caldero.	16
	III-1 Proceso de producción de dióxido de Carbono.	18
	III-2 Combustión.	19
	III-3 Lavado de Gases de Combustión.	20
	III-3.1 Consideraciones especiales.	22
	III-3.2-Absorción de gas.	22
	III-3.3-Taponamiento.	22
	III-3.4-Rearrastre.	23
	III-4 Torre de enfriamiento.	23
	III-5 Decantador.	24

III-6 Segundo Lavado Químico.	25
III-7 Absorción.	25
III-7.1 Columnas Empacadas.	
III-8 Despojamiento.	27
III-9 Comprensión y segundo lavado químico.	28
III-10 Destilador-Enfriador.	28
III-11 Licuefacción y almacenamiento.	29
IV Caracterización del gas de combustión, y del agua de alimentación al decantador.	29
IV-1 Tipo de agua de alimentación al decantador.	29
IV-2 Seguridad en la eliminación de los Residuos.	30
IV-3 Balance de masa.	31
V Descripción del proceso de lavado, decantación y ubicación.	32
V-1 Descripción del proceso.	32
V-2 Ubicación del decantador.	32
V-2.1 Lodo negro de lavado de Gases.	
VI Cálculo del diseño del Decantador.	33
VI-1 Decantador.	
VI-2 Diseño.	40
VI-2.1 Datos para el diseño.	41
VI-2.2 Unidades de conversión.	42
VI-2.3 Asunciones.	43
VII Conclusiones y recomendaciones.	50
VIII Bibliografía.	53.

I INTRODUCCIÓN

El diseño del decantador primario se realizara para conseguir una disminución importante de los sólidos en suspensión, esto trae como consecuencia un ahorro económico en el uso del agua de lavado.

El decantador primario será utilizado para depositar los sólidos suspendidos en el agua de lavado, los sólidos suspendidos son provenientes de la combustión completa de un caldero.

Los sólidos decantados mediante el decantador primario, serán eliminados de la planta de producción mediante cisternas contratadas para eliminación de residuos industriales.

El agua tratada tendrá un control de pH en un rango de 7-8, para su uso en el circuito cerrado de lavado de los gases de combustión.

II Conceptos básicos.

II-1 Bases de proyecto.

Si todos los sólidos del agua residual fueran partículas discretas del mismo tamaño, densidad, peso específico y forma relativamente uniformes, la eficiencia de eliminación de dichos sólidos dependerá del área superficial del tanque y del tiempo de retención. En esta situación, suponiendo que las velocidades de circulación horizontales se mantengan por debajo de las de arrastre, la profundidad del tanque no tendría importancia. Sin embargo los sólidos de la mayoría de las aguas residuales no se ajustan a estas características regulares, sino que son de característica heterogénea, y las condiciones en las que se hallan presentes varían desde la dispersión total hasta la floculación completa. La mayoría de los sólidos finamente divididos que llegan a los tanques de sedimentación primaria están parcialmente floculados, aunque son susceptibles de flocular.

La coalescencia de una suspensión de sólidos se torna mas completa a medida que transcurre el tiempo. Por esta razón, el tiempo de retención también se deberá tener en cuenta en el proyecto de los tanques de sedimentación. Si embargo el mecanismo de la floculación es tal que, al aumentar el tiempo de sedimentación, la coalescencia de las partículas restantes tendrá lugar cada vez en menor grado. (8)

II-2 Decantación Primaria.

La decantación consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Es una de las operaciones unitarias utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. Los términos sedimentación y decantación se utilizan indistintamente.

II Conceptos básicos.

II-1 Bases de proyecto.

Si todos los sólidos del agua residual fueran partículas discretas del mismo tamaño, densidad, peso específico y forma relativamente uniformes, la eficiencia de eliminación de dichos sólidos dependerá del área superficial del tanque y del tiempo de retención. En esta situación, suponiendo que las velocidades de circulación horizontales se mantengan por debajo de las de arrastre, la profundidad del tanque no tendría importancia. Sin embargo los sólidos de la mayoría de las aguas residuales no se ajustan a estas características regulares, sino que son de característica heterogénea, y las condiciones en las que se hallan presentes varían desde la dispersión total hasta la floculación completa. La mayoría de los sólidos finamente divididos que llegan a los tanques de sedimentación primaria están parcialmente floculados, aunque son susceptibles de flocular.

La coalescencia de una suspensión de sólidos se torna mas completa a medida que transcurre el tiempo. Por esta razón, el tiempo de retención también se deberá tener en cuenta en el proyecto de los tanques de sedimentación. Si embargo el mecanismo de la floculación es tal que, al aumentar el tiempo de sedimentación, la coalescencia de las partículas restantes tendrá lugar cada vez en menor grado. (8)

II-2 Decantación Primaria.

La decantación consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Es una de las operaciones unitarias utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. Los términos sedimentación y decantación se utilizan indistintamente.

II-2.1 Tipos de decantación .

De partículas discretas (desarenadores y decantadores primarios)
Decantar las partículas que no han sido retenidas en los desarenadores

De partículas indiscriminadas (decantadores primarios). No puede referirse a ningún tipo o tamaño de partícula a separar en particular.(8)

II-3 Tiempo de retención.

Es el tiempo de permanencia de la partícula en el decantador idealmente, los tanques de decantación primaria se proyectan para proporcionar tiempos de detención de 1.5 y 2.5 horas para el caudal medio del agua residual. Los tanques que proporcionan tiempos de detención menores (0.5 a 1 hora), tienen menor eliminación de sólidos suspendidos, se usan en ocasiones como tratamiento previo a las unidades de tratamiento biológico.

$$t_{det} = V / Q$$

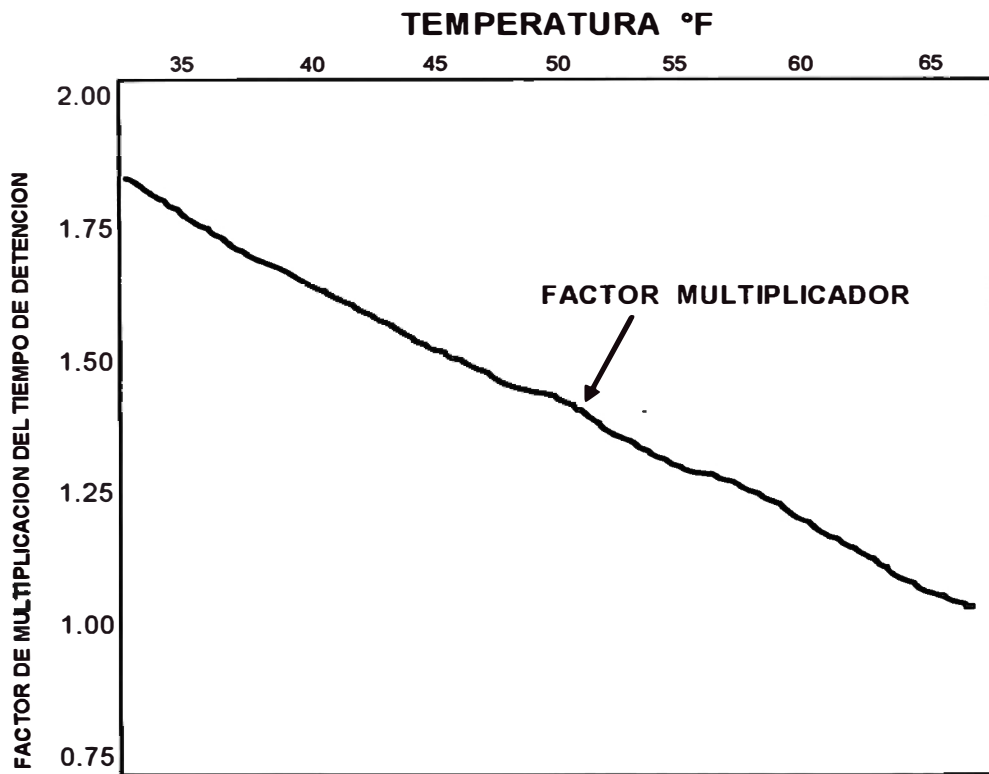
Donde :

V: Volumen del decantador en m³.

Q: Caudal con que ingresa el líquido al decantador.

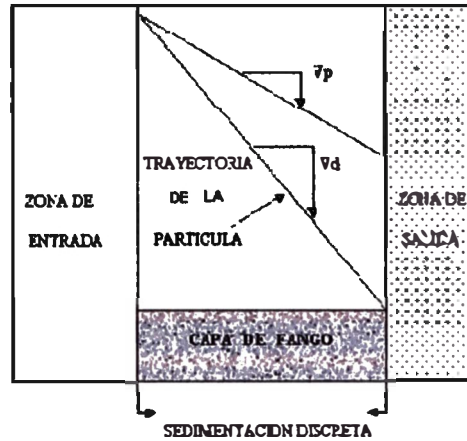
En el proyecto de los tanques de decantación primaria, los efectos de la temperatura no suelen tener atención especial. Sin embargo, en zonas de climas fríos, los incrementos de la viscosidad del agua producidos por las bajas de temperatura retardan la sedimentación de las partículas en los decantadores y reducen el rendimiento para temperaturas inferiores a los 20 °C. En la figura N°1 (ver pagina siguiente), se presenta una curva que muestra el incremento del tiempo de retención necesario para igualar el tiempo de retención correspondiente a 20 °C.(8).

Figura N°1-Variación del tiempo de decantación con respecto a temperatura en decantadores primarios.



Una vez establecido la superficie del tanque, el tiempo de retención viene gobernado por la profundidad del agua en el interior del tanque ver figura N°2 ver pagina siguiente N° 9.

Figura N°2



V_d : velocidad vertical final.

A caudal continuo, la longitud del tanque y el tiempo que permanece en él un volumen unitario de agua (tiempo de retención) deben ser tales que permitan el depósito en el fondo del tanque de todas aquellas partículas cuya velocidad de sedimentación sea V_p .

$V_p = \text{Profundidad} / \text{Tiempo de retención}$.

Durante el tiempo de retención no se eliminarán todas aquellas partículas que tengan velocidad terminal vertical menor a V_d .

Según la figura N°2 (8), se puede constatar que la proporción de partículas con velocidad de caída inferior a V_d que se eliminarán es:

$$X_r = V_p / V_d$$

X_r : fracción de partículas con velocidad V_d que se eliminarán.

También se tiene que:

$$Q = V_d * A$$

Q : Caudal de agua clarificada.

A: Área de la superficie del decantador.

Alcanza a las partículas en suspensión o en disolución en las aguas residuales que no pueden retenerse por su finura o densidad, y que tampoco pueden separarse mediante flotación por ser más pesadas que el agua

Se basa en la reducción de corriente por debajo de un determinado valor, eliminando así un 50 o 60 % de las materias en suspensión en el afluente. También se reducirá la DBO por que estas partículas de fango arrastrarán bacterias a su paso.(8)

II-4 Características de dimensionado de los decantadores.

-Cargas de superficie.

Los tanques de sedimentación se suelen dimensionar en función de la carga de superficie adecuada en m³/m² día. La adopción de una carga depende del tipo de suspensión que hay que decantar, el tabla N° 1 se presentan valores típicos (ver pagina siguiente), para varios tipos de suspensiones. Los proyectos para plantas de tratamientos municipales también deben contar con la aprobación de las agencias reguladoras, muchas de las cuales disponen de parámetros que es necesario respetar.

$$C_s = Q/A \quad V/T_{ret} /A \quad V/(A * T_{ret})$$

Donde : V=Volumen del decantador.
 A: Area del decantador.
 T_{ret}=Tiempo de retención.

**Tabla N°1.- Información Típica para el proyecto de
Tanques decantación Primaria.**

Características	Valor	
	Intervalo	Típico
Decantación primaria seguida de tratamiento secundario:	1.5-2.5	2.00
Tiempo de detención, h		
Carga de superficie, m ³ /m ² .h		
A caudal medio	1.35-2.03	
A caudal punta	3.4-5.09	4.24
Carga sobre vertedero.m ³ /m.h		
Sedimentación primaria sin adición del fango activado en exceso		
Tiempo de detención, h	1.5-2.5	2
Carga de superficie, m ³ /m ² .h		
A caudal medio	1.02-1.35	
A caudal punta	2.03-2.9	2.54
Carga sobre vertedero.m ³ /m.h	5.16-20.6	10.3
*Información típica para el proyecto de tanques de decantación primaria.		

Es conveniente poner especial atención en el hecho, de que las cargas de superficie deben ser lo suficientemente reducidas como para asegurar el rendimiento de las instalaciones en condiciones de caudal punta, que puede variar hasta en tres veces el caudal medio para plantas pequeñas y el doble de caudal medio para plantas de grandes dimensiones.

Entrada del afluente: La corriente de alimentación se difundirá de forma homogénea por todo el tanque desde el primer momento.

Deflectores: Colocarlos a la entrada y salida de la balsa. El primero conseguirá una buena repartición del caudal afluente. El segundo retendrá las sustancias flotantes, grasas y espumas

Vertederos de salida: Deberá nivelarse. La relación del caudal afluente a la longitud total de vertido debe ser menor de 10 - 12 m³/h/m para no levantar los fangos sedimentados

II-5 Casos de decantación primaria obligatoria.

- Cuando se vierten posteriormente las aguas en terreno para riego.
- Cuando se utiliza un sistema biológico de lechos bacterianos

II-6 Casos de supresión de decantación primaria.

- Ventajas Mayor simplicidad de operación de la planta
- Homogeneidad en la calidad del fango
- Remoción del fango en un solo punto
- Eliminación de malos olores al entrar el agua directamente al tanque de aireación si las aguas llegan en condiciones sépticas.
- Mejoría de la sedimentabilidad del fango activado
- Aumento de la capacidad de absorción de puntas de carga, debido al mayor contenido de fangos en el tanque de activación
- Posibilidad de no realizar el tratamiento de lodo en la planta (lagunajes) o bien su transporte a un punto exterior de tratamiento o eliminación
- Mejora los sistemas con largos períodos de aireación con digestión aeróbica en climas templados y cálidos
- Almacenamiento de lodos en el tanque de aireación sin producción de olores hasta su extracción
- Ahorro económico de un 7-10 % en primera inversión, y de un 5-7 % en mantenimiento y explotación.

II-7 Sólidos en suspensión.

El manejo y la eliminación de fango en los procesos de precipitación química es una de las mayores dificultades asociadas al tratamiento químico del agua residual. El fango se produce en gran volumen en la mayoría de las operaciones de precipitación química, alcanzando a menudo un 0.5 % del volumen del agua residual tratada en los casos en los que emplea cal.

II-8 Lavador.

Los lavadores representan una clase de equipos para eliminar polvos y nieblas de gases de un líquido, que casi siempre es agua, esta se agrega o se hace circular para ayudar en el proceso de recolección.

II-9 Producción de fango.

Se debe conocer o estimar el volumen de fango producido en los tanques de decantación primaria, de modo que el proyecto y dimensionamiento de los tanques, junto con las instalaciones de tratamiento y eliminación del fango, se puedan llevar a cabo correctamente, ya que el fango no tiene ninguna utilidad posterior. El volumen del fango producido depende de:

1-Las características del agua residual cruda, incluidas la edad y concentración de las mismas.

2-El tiempo de detención y el grado de tratamiento a llevar a cabo en los tanques.

3-El estado de los sólidos sedimentados, incluyendo el peso específico, el contenido de agua y los cambios de volumen experimentados bajo la influencia de los dispositivos mecánicos de eliminación de fango o de la profundidad del tanque.

4-El lapso de tiempo transcurrido entre las operaciones de extracción del fango.

En la tabla N° 2 se proporcionan datos sobre el peso específico y el contenido en humedad del fango extraído de los tanques de sedimentación primaria.

Tabla N°2.- Peso específico y Concentración de los fangos.

Tipo de fango	peso especifico	Concentración de sólidos	
		Intervalo	Típico
Unicamente fangos primarios:			
Agua residual de concentración media (1)	1.03	4.0-12.0	6.00
Agua residual procedentes de redes de alcantarillado unitarias.	1.05	4.0-12.0	6.50
Primarios y fangos activados en exceso.	1.03	2.0-6.0	3.00
Primarios y humus de filtros perforadores.	1.03	4.0-10.0	5.00
(1)Véase tabla N°3.			
(2)Porcentaje de sólidos secos.			

En la tabla N°3 ver pagina siguiente N° 15, se dan datos de la composición del agua residual domestica bruta.

Tabla N° 3.- Composición del Agua domestica Bruta

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1200
Disueltos totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volatiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volatiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	mg/l	5	10	20

II-10 Tipo, tamaño y forma de los tanques.

La elección del tipo de tanque depende del tamaño de la instalación, de las disposiciones y reglamentos de los organismos locales de control, de las condiciones locales del terreno, de la experiencia y juicio del proyectista, y de la estimación de los costos. Se debe disponer de dos o más tanques con objeto de que el proceso no se interrumpa mientras uno de ellos este fuera de servicio por razones de reparación o de mantenimiento. En las plantas grandes, el número de tanques viene determinado principalmente por las limitaciones de tamaño. En la tabla N°4 ver página siguiente, se presentan las dimensiones y otros típicos para tanques de sedimentación rectangulares y circulares, esto se tomará como referencia ya que el tanque ha diseñar es del tipo utilizado en la decantación de petróleo, el cual ha sido diseñado con las condiciones de un decantador primario.

Tabla N°4.- Información típica para el proyecto de los tanques de decantación rectangulares y circulares utilizados para tratamiento primario del agua residual.

Tipo de tanque	Valor	
	Intervalo	Típico
Rectangular		
Profundidad,m	3-4.5	3.6
Longitud,m	15-90	25-40
Anchura,m	3.0-25.0	5.0-10.0
Velocidad de los rascadores,m min	0.6-1.2	0.9
Circular		
Profundidad,m	3-4.5	3.6
Diámetro,m	3.0-60	12.0-45
Pendiente de la solera,mm m	62.5-160	80
Velocidad de los rascadores, m min	0.02-0.05	0.03
Si las anchuras de los tanques rectangulares de limpieza mecánica son mayores de 6 m. Pueden utilizarse compartimentos múltiples con equipos de rascado individuales, permitiendo, por tanto, anchuras de tanques hasta de 24 m o mayores.		

Estos datos serán tomados como referencia en el diseño, ya que la forma de los tanques es cilíndrico con dos cabezas semi-esféricas, cerrados.

III Proceso de lavado de los gases de combustión de un caldero.

El diagrama de flujo se describe en la figura N° 3, página siguiente N° 17.

III-1 Proceso de producción de dióxido de Carbono.

La planta de Gas Carbónico (CO_2), tiene como objetivo principal la obtención del dióxido de carbono, con grado alimenticio mejorado, siendo por lo cual consumido en diferentes aplicaciones en la industria alimentaria y también en otras aplicaciones industriales.

El proceso de fabricación de CO_2 por el método de combustión, se basa en la combinación del oxígeno del aire con el carbono contenido en los combustibles. La energía calorífica generada por la combustión, es aprovechada en el proceso, lo que hace económico el mencionado método.

Este método está compuesto por una serie de etapas que incluye procesos de purificación como lavado y operaciones unitarias para separar el gas CO_2 (dióxido de carbono), para luego ser comprimido y como paso final almacenarlo a condiciones específicas, todo este proceso se realiza en forma continua (ver figura N°3 página N° 17). (7)

El proceso descrito en la figura N°3, consta de las etapas siguientes:

- Generación de CO_2 por combustión del petróleo con aire atmosférico.
- Lavado del gas de combustión en dos lavadoras continuas para liberar el gas de hollín y otros contaminantes.
- Absorción selectiva del CO_2 de los gases de combustión.
- Desprendimiento del CO_2 absorbido.
- Compresión del CO_2
- Purificación del CO_2
- Licuefacción del CO_2

III-2 Combustión.

El proceso se inicia con la combustión del petróleo residual 500 y aire, en una caldera de vapor, la combustión se realiza a una temperatura de 1000 °F, se producen gases típicos de combustión, tales como CO₂, SO₂, H₂, N₂ y otros.

El objetivo principal de la caldera es producir CO₂, controlando que no se produzcan otros gases contaminantes como monóxido de carbono (CO) y gases nitrosos (NO_x).

La combustión se lleva a cabo en la caldera. La combinación del oxígeno y del carbono se efectúa de acuerdo con la siguiente ecuación química:



Poder calorífico neto del Residual 500, es 17 420 BTU/Lb. Referencia Petróleos del Perú S.A: fecha 23/02/2001.

En la que C_nH_{2n+2} es la fórmula química de los hidrocarburos derivados del petróleo, O₂ es el oxígeno, CO₂ el gas carbónico y H₂O el agua.

En esta parte del proceso toma lugar la preparación del CO₂ y generación del calor (7).

II-2.1 Residuo de Carbón Conradson-Coque.

El residuo carbonoso Conradson proporciona una indicación u orientación valiosa sobre la tendencia del combustible a formar inquemados, estos es a coquizar.

Los índices de Conradson elevados dan una indicación significativa sobre la tendencia a la formación de Coque de un combustible en los

precalentamientos y la posibilidad de que se produzca el ensuciamiento de la boquilla del quemador durante su operación.

Un residuo carbonoso superior al 6%, dificultara sensiblemente el funcionamiento de las instalaciones térmicas de reducida y mediana potencia, agravándose tal situación a medida que se presentan valores mayores. (2)

II-2.2 Inquemados Sólidos.-

Están formados principalmente por partículas de carbono no quemado, conocido como hollín o carbonilla. Sólo se produce a partir de combustibles sólidos o líquidos. El índice de ennegrecimiento de Bacharach es el método más sencillo para la determinación de los inquemados sólidos, presentes en los gases de combustión. Este método es cualitativo y se basa en el ennegrecimiento de un papel de filtro al ser atravesado por la muestra, por acción de una bomba manual. El color resultante en el papel se compara con una escala de intensidades de gris que va del 0 (blanco) al 9 (negro)(3).

III-3 Lavado de Gases de Combustión.

Los gases provenientes de la combustión de la caldera salen del hogar a una temperatura aproximada de 1000°F. Tienen una composición aproximada de : ver cuadro N°1 en la pagina siguiente.

Cuadro N°1-Composición del gas de combustión.

COMPONENTE		PORCENTAJE
Gas carbónico	CO ₂	13-14%
Oxígeno	O ₂	2-3%
Nitrógeno	N ₂	83%
Vapor de agua	H ₂ O	4-6%

Cuando la combustión no es completa, estos gases pueden contener: monóxido de carbono CO, productos de pirólisis del combustible y hollín. Es necesario que los gases de combustión no contengan estos últimos, para lo cual se somete a un lavado con agua, por lo que se logra enfriar los gases de combustión a aproximadamente 30 °C.

Los gases producidos son mandados directamente a los lavadores, los cuales son lavados y enfriados por contacto directo con agua en una torre de lavado empacadas, el primero de los lavadores tiene un pH de 7.5, para luego pasar por un segundo lavador, con solución de soda (NaOH) con un pH de 8.5.

La torre de enfriamiento da paso al decantador que debe retener los sólidos de la combustión y rehabilitar el agua para seguir siendo utilizada en el proceso de lavado del gas de combustión, el nivel de concentración del agua debe ser supervisada, pues una vez llegado al límite de concentración el agua debe ser eliminada y repuesta para su posterior utilización.

El lavado toma efecto en una torre cilíndrica de lecho fluidificado vertical, llenado casi en su totalidad de un material poroso. Los gases entran a la torre por la parte inferior, entrando en contacto con el agua en donde dejan

los productos indeseables y se enfrían al calentar el agua, mediante una transferencia de calor(7).

III-3.1-*Consideraciones especiales* .

Se señalan algunos factores que afectan la selección de los lavadores y se identifican algunos errores que se deben evitar.

III-3.2-*Absorción de gas*.-

El proceso para extraer por lavado vapores y otros constituyentes gaseosos requiere, por lo común, un tratamiento especial a contracorriente, con un tiempo de contacto apreciable, y para este fin, el lavador de lecho empacado es de gran utilidad.(6)

III-3.3-*Taponamiento*.-

La concentración de sólidos pesados (mayores de 20 g/pie³) pueden llevar a veces al taponamiento de casi todos los lavadores, excepto los de tipo más abierto. Por esta razón, conviene usar una torre de rociado o de amortiguamiento que posea grandes superficies abiertas, como un dispositivo de pre- limpieza, a fin de evitar el taponamiento de un lavador secundario.(6)

III-3.4-*Rearrastre* .

Algunos lavadores comerciales tienen dispositivos de separación de arrastre poco eficaces y, por tanto, son incapaces de separar su propio arrastre.

III-4 Torre de enfriamiento.

El agua de enfriamiento fluye dentro de un enfriador atmosférico en un sistema cerrado.

El agua pasa a través de una boquilla capaz de producir pequeñas gotas, se dispondrá de una gran superficie para el contacto de aire - agua. El líquido que se le alimenta desciende por gravedad. Las gotas caen sobre algunas formas geométricas en las que las gotas pueden tropezar o desviarse, con lo cual es posible retardar la caída de la gota a través del enfriador atmosférico. La función del empaque es aumentar la superficie disponible en la torre, ya sea distribuyendo el líquido sobre una superficie o retardando la caída de las gotas a través del aparato.

Para una torre de enfriamiento operando con una fuente de calor en circuito cerrado. El agua de depósito de la torre se bombea a una torre de lavado químico.

El agua caliente se alimenta junto con agua de compensación, la que se usa para restituir la pérdida por evaporación del sistema, debido a la saturación del aire por la torre.

Por conveniencia las torres se analizan en la base de 1 pie^2 de área interna. La carga de aire se toma como la velocidad del gas seco por unidad de área $G(\text{lb/h})(\text{pie}^2)$.

La carga en la parte superior de la torre es la velocidad del agua por unidad superficie $L(\text{lb/h})(\text{pie}^2)$ y el agua de compensación es $L_o(\text{lb/h})(\text{pie}^2)$ correspondiente a cualesquiera condiciones terminales fijas. La carga total de calor por hora por pie cuadrado q es la cantidad Q por hora dividida por las dimensiones internas de la torre.

Usando 1 para la entrada y 2 para la salida, el balance en la torre en función de gas para un plato de referencia de cero F es:

$$q + L_o * C * T_o = G (H_2 - H_1) \dots\dots\dots 1$$

C: Calor específico del agua.

H1: Entalpía por lb. de aire seco e incluye el calor de vapor asociado con la libra de aire seco en la entrada.

H2: Entalpía por lb. de aire seco e incluye el calor de vapor asociado con la libra de aire seco en la salida.

En función de la carga de agua el balance total de calor es:

$$q = L \cdot C (T1 - T2) + Lo \cdot C (T2 - To) \dots\dots\dots 2$$

Combinando estas ecuaciones tenemos:

$$Lo = \frac{q}{(H2 - H1)/(X2 - X1) - C \cdot To} \dots\dots\dots 4$$

La entalpia de aire saturado arriba de 0 F puede computarse por:

$$H = X \cdot t + X \cdot + 0.24 \cdot t \dots\dots\dots 5$$

X: Entalpia de aire saturado.

Donde 0.24 es calor especifico del aire(5).

III-5 Decantador.

Se realiza la separación de sólidos del agua de lavado, provenientes de los gases de combustión, este proceso se realiza por gravedad, una de las dos fases se deposita en el fondo del decantador, y la otra (agua) se libera de los sólidos, para luego ser reutilizada en el proceso, se conduce el agua por medio de una bomba desde el decantador.

La decantación consiste en un proceso mediante el cuál se consigue la separación de la materia sólida no disuelta en el agua bruta, mediante la acción

de la gravedad. A veces este proceso no es posible físicamente y hay que recurrir a métodos químicos que permiten la separación de las partículas para ser decantadas.

Cuando esta decantación se realiza con aguas residuales, generalmente recibe el nombre de DECANTACIÓN PRIMARIA. Esta operación es muy eficaz, cuando concurren determinadas condiciones, ya que puede producir una reducción del 50-60% de la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas negras.(8)

III-6 Segundo Lavado Químico.

El lavado toma efecto en una torre lavadora cilíndrica vertical llenado casi en su totalidad de un material poroso. Los gases entran a la torre por la parte inferior, entrando en contacto con la solución química en donde dejan los productos indeseables.

III-7 Absorción.

Los gases fríos provenientes de la torre lavadora, se inyectan por la parte inferior de una torre de absorción con características semejantes a la lavadora. La combinación en este punto podría ser: ver cuadro N°2 .

Cuadro N°2-Composición del gas luego del lavado.

Dióxido de carbono CO ₂	12-13%
Oxígeno O ₂	2-3%
Nitrógeno N ₂	aprox. 83%
Vapor de agua saturación.	aprox. 3%

Aquí se utiliza un medio absorbente que contiene una solución apropiada(monoetanolamina), para absorber el CO_2 de los gases de combustión.

Al entrar en contacto el CO_2 con la solución absorbente(monoetanolamina), que es inyectada por la parte superior de la torre de absorción, se produce una reacción química por la cual el CO_2 es separado de los gases de combustión y llevado hacia la torre desabsorbadora, perteneciendo ahora a una solución líquida, quedando en los gases el nitrógeno y el oxígeno (7).

En general las corrientes de gas y líquido fluyen en sentido contrario una de la otra, para obtener la mayor gradiente de concentración en una columna empacada y, por tanto, la rapidez más alta de absorción.

III-7.1 Columnas Empacadas.

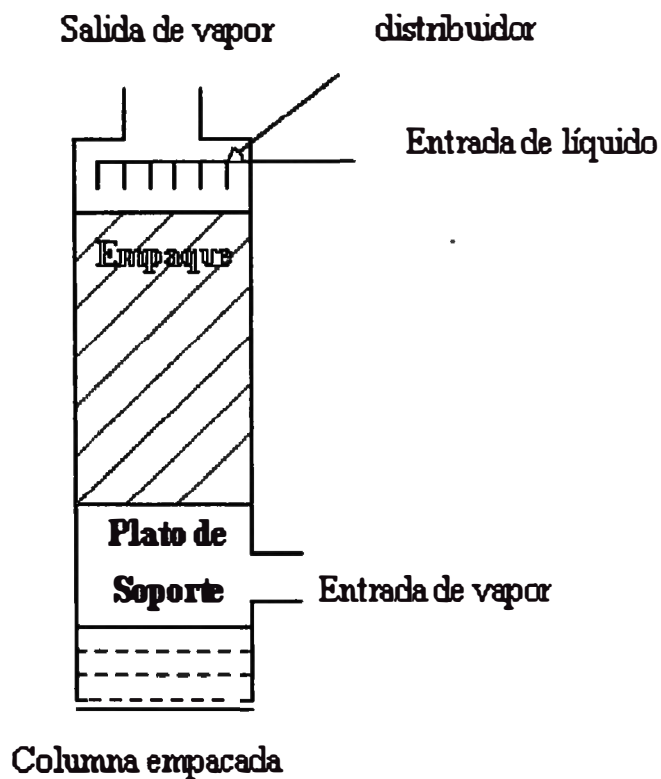
Las columnas empacadas para el contacto gas-líquido se usan mucho para operaciones de absorción y hasta un punto limitado. Por lo general las columnas se empacan con material orientado en forma aleatoria, pero en algunos casos, se puede colocar cuidadosamente en sus posiciones. Las columnas empacadas funcionan de manera característica con las fases a contracorriente.

Una columna simple consiste en un envoltorio cilíndrico que contiene un dispositivo de distribución de líquido, diseñado para proporcionar una distribución del líquido que se puede encauzar hacia abajo por la pared. Es posible utilizar varios lechos en la misma columna.

Se encuentran muchos empaques, cada uno de los cuales posee ventajas específicas para el contacto líquido - gas, a partir de los aspectos de costo,

disponibilidad de superficie, regeneración interfacial, caída de presión, peso y resistencia a la corrosión. Ver figura N° 4 (6).

Figura N° 4.-Columna empacada



III-8 Despojamiento.

-Desorbedora.

La desorción es la transferencia de un gas, disuelto en un líquido, en otra corriente de gas. El equipo que se utiliza para el contacto líquido-gas se basa en una combinación de principios de operación. A tipo de flujo:

contracorriente, mecanismo bruto de transferencia: diferencial, con fase continua: líquido (5).

La solución enriquecida con gas carbónico en las torres absorbedoras es bombeada a la sección de despojamiento en donde toma efecto la reacción reversible, para lo cual es necesario darle calor a la solución, llevarle a punto de ebullición y hervirla para agotarle el CO₂.

Como es necesario ir calentando paulatinamente la solución por razones de economía calorífica, la solución que va al despojamiento se calienta en un intercambiador de calor con la solución caliente que viene de la salida del despojamiento, con lo que se logra dos propósitos: pre-calentar la solución enriquecida con dióxido de carbono y pre-enfriar la solución agotada o pobre de dióxido de carbono.

III-9 Compresión y segundo lavado químico.

El CO₂ obtenido en estado gaseoso es comprimido y enfriado en 3 etapas, en la segunda etapa pasa por un sistema de purificación con una solución alcalina, para purificar de impurezas remanentes y olores, que pudieran quedar, luego de salir de la tercera etapa, pasar por un secador que utiliza alúmina activada para eliminar la humedad remanente que acompaña al CO₂.

III-10 Destilador-Enfriador.

Se trata de un rehervidor horizontal, que ofrece dificultades de cálculo porque el calderín representa una etapa más, aunque generalmente se desprecia. Este destilador trabaja con dos platos, tiene un condensador total (temperatura del condensado es igual a la temperatura de burbuja), la eficiencia es de 80%..

La presión en la columna debe estar determinada por la presión en el tanque de condensados, determinada por el tipo de intercambiador de calor, y por la temperatura ambiente, es decir, la del medio ambiente t_c . Además se tiene que t_o temperatura en el tanque de condensado (6)

Intercambiador de calor con agua: $t_o - t_c$, [6 °C, 8°C]

Intercambiador de calor con aire : $t_o - t_c$, [8 °C, 14°C]

III-11 Licuefacción y almacenamiento.

Finalmente el CO_2 se condensa (pasa al estado líquido) en un condensador que utiliza amoníaco como agente refrigerante y se envía por diferencia de presión al tanque de almacenamiento.

El producto terminado tiene una pureza mayor de 99,90 % y se almacena como líquido en tanques equipados para tal fin a $-17^\circ C$ y 20 kg. / cm^2 .(7).

IV Caracterización del gas de combustión y tipo agua de alimentación al decantador.

IV-1 Tipo agua de alimentación al decantador.-

El agua del decantador es proveniente de la torre de enfriamiento, el cual maneja agua neutralizada en un rango de 7-8.5 de pH, el decantador debe eliminar el agua luego de un ciclo de uso por la red de alcantarillado, el agua pasa primero por una poza de tratamiento con gas carbónico para bajar su pH, y se controla los sólidos disueltos, así como la temperatura de eliminación a la red de alcantarillado, por lo que debe cumplir con las especificaciones según el reglamento de Desagües Industriales, estas se detallan en el cuadro N°4, para cumplir con lo que se estipula en el código.

del Medio Ambiente y Recursos Naturales (D:L:613), en el capítulo XIX Del agua y alcantarillado, artículo N° 112 (9 y 8).

Tenemos a continuación los datos de la corriente de alimentación al decantador. Ver cuadro N° 3.

Cuadro N° 3.- Datos del agua tratada en el decantador

Párametro	Valores de Entrada al Decantador
pH	8.3
Sólidos Suspendidos Sedimentables	12.5 mg/h
Temperatura	28°C

Cuadro N°4.- Reglamento de Desagües Industriales a Nivel Nacional

Párametro	Valores
PH	5 - 8.5
Sólidos Suspendidos Sedimentables	8.5 mg/h
Temperatura	35°C
Grasas	100 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1000 mg/l

Fuente : reglamento de desagües Industriales. Valores máximos que deben tener las descargas antes de ingresar a la red pública (Título S226 1.07 de RNC) D.S. 028-60 SAPL (29-11-60)

IV- 2 Seguridad en la eliminación de los Residuos.-

Se cumple además con las disposiciones de seguridad para la eliminación de los residuos producidos por el decantador, estos son los especificados según

el Título V Información Sobre el manejo de Residuos Sólidos, Artículo 37° inc 1.- se dispone que los generadores de residuos sólidos industriales remitirán anualmente al MITINCI una declaración de manejo de Residuos sólidos, en la que detallaran el volumen de generación y las características del manejo efectuado, así como el plan de manejo de los residuos que van a ejecutar en el siguiente período.

IV-3 Balance de masa.-

Balance de masa para el sistema torre de enfriamiento-tina –decantador - primera torre lavadora, ver cuadro N° 5 .

Cuadro N° 5.- Balance de masa para la corriente gaseosa

Componentes	Entrada Masa (kg./h)	Torre lavadora- Decantador ppm	Salida Masa(kg./h)
Oxígeno (O ₂) 2.4%	210.5253	-	210.5253
Dióxido de Carbono (CO ₂) 14%	1229.4641	-	1229.4641
Nitrógeno (N ₂) 83 %	7288.9659	-	7288.9659
Agua (H ₂ O) 0.6%	52.6913	-	52.6913
Gases Nitrosos (NO _x)	700 ppm	680 ppm	20 ppm
Dióxido de Azufre (SO ₂)	1107 ppm	1084 ppm	23 ppm
Monóxido de Carbono (CO)	108ppm.	88 ppm	20 ppm
Total 100%	8781.8866		8781.8866

V Descripción del proceso de lavado, decantación y ubicación.

V-1 Descripción del proceso.

Luego de la combustión se realiza un primer lavado, pasando luego por una torre de enfriamiento, para pasar a un decantador, para eliminar los sólidos retenidos en el lavado, provenientes de la combustión, el agua recuperada se rehabilitar y es reutilizada en el proceso de lavado del gas de combustión, el nivel de concentración de sólidos disueltos en el agua debe ser supervisada ya que una vez llegado al límite de concentración de sólidos disueltos en el agua, esta debe ser eliminada y repuesta para su posterior utilización en el lavado.

V-2 Ubicación del decantador.

El decantador será ubicado después de la torre de enfriamiento y antes de la segunda torre de lavado. Los calculo del diseño se detallaran posteriormente, será ubicado en la parte posterior de la planta para ser fácil la eliminación de los sólidos obtenidos en la decantación.

V-2.1 Lodo negro De lavado de Gases–

Básicamente es un negro resultante de una combustión incompleta retenida por lavado con agua, no se le considera características tóxicas ni explosivas El agua de lavado es neutralizada con soda cáustica para controlar su pH.

En caso de contacto con la piel, los ojos y /o ropa, lavar con abundante agua por tratarse de un producto con características alcalinas.

En caso de derrame recoger el producto con guantes y botines de jebe. Lavar la zona con abundante agua.

VI Cálculo del diseño del Decantador.

VI-1 Decantador

Esta es la aplicación más general, un decantador es la continuación de un recipiente de separación por gravedad.

Para otros decantadores, una de las dos fases que se encuentra en el decantador es la que se desborda fuera del recipiente ver figura figura N° 5, página N°35 . El concepto del decantador involucra el balance de líquido pesado debido a las diferencias de densidades de las dos fases, como también la velocidad terminal de la fase pesada que cae, separándose así de la parte más liviana, o la parte liviana ascendente que se separa de la fase pesada.(1)

Encontrando la velocidad terminal

$$V_d = \frac{g \cdot d^2 (\rho_d - \rho_c)}{18\mu_c} \quad , \quad \text{ft/ s.} \dots\dots\dots 6$$

Donde:

V_d = velocidad terminal encontrada para el droplet (la gota o sólido que cae), ft/s.

g = aceleración de la gravedad, 32.17 ft/s².

d = diámetro del droplet (la gota o sólido que cae), ft(1 ft=304,800 um, de 1 um=0.001 mm).

ρ_d = densidad del fluido en el droplet (la gota o sólido que cae), lb/cu ft.

ρ_c = densidad del fluido de la fase continua, lb/cu ft.

μ_c = viscosidad de la fase continua, lb/(ft).s.

NOTA:

1 cp = $6.72 \cdot 10^{-4}$ lb/(ft).s.

um = milimicrón.

Para un decantador que opera con un flujo de gravedad baja, sin instrumentos que controlen el flujo, la altura de la fase líquida pesada por debajo de la interfase está siempre balanceada, la que se encuentra arriba es una de las fases livianas que se encuentran también balanceada, las figuras N° 5 y N° 6 (ver página siguiente N° 35); se ilustran la relación de las densidades y los detalles del mecanismo de un estilo de decantador.

Algunos resultados pueden ser alcanzados con un plato deflector interno y un outlet nozzles.

$$(Z_h - Z_i) \rho_h = (Z_L - Z_i) \rho_L \dots\dots\dots 7$$

Z_h = dimensión de la fase liviana, hasta la salida de la fase superior.

Z_i = interfase medida con respecto al fondo, fase pesada.

Z_L = fase liviana que sale, medida con respecto al fondo del decantador.

El diámetro del Droplet (la gota o sólido que cae), cuando este dato no está disponible = 150 μm ($d=0.0005$ ft).

Reconocer en general, cuál es el rango seguro, para que los droplets (la gota o sólido que cae) generalmente para agitación están en un rango de 500 hasta 5000 μm , Turbulent Droplets para un rango de 200 hasta 10000 μm . Debido a las limitaciones de los métodos de diseño el tamaño de los decantadores que tienen droplets grandes de 300 μm . Podría tener un resultado menor al esperado, para este tipo de requerimiento.

Se tienen fases continuas que se mueven por el recipiente, sobre un fluido uniforme igual que el overflow rate (fluido límite). Para identificar cuál es la fase continua, se tiene la siguiente ecuación.

$$\Theta = \frac{Q_L \rho_L \mu_H^3 (1)}{Q_H \rho_H \mu_L} \dots\dots\dots 8$$

Θ : resultado.

< 0.3 fase liviana siempre dispersa.

0.3-0.5 fase liviana probablemente dispersa.

0.5-2.0 fase de inversión probable, designado para el peor caso.

2.0-3.3 fase pesada probablemente dispersa.

> 3.3 fase pesada siempre dispersa.

Donde:

Q_d = Volumen dispersado del flujo a evaluar cu ft / s.

Q_L = volumen del flujo a evaluar cu ft / s, fase liviana.

Q_H = volumen del flujo a evaluar cu ft / s, fase pesada.

ρ_L = densidad del fluido de la fase liviana lb/cu ft.

ρ_H = densidad del fluido de la fase pesada lb/cu ft.

μ_H = viscosidad de la fase pesada, lb/(ft)(s).

μ_L = viscosidad de la fase liviana, lb/(ft)(s).

También, hay una dispersión constante en una de las fases más separada. Una buena practica de esta teoría es normalmente es la subsistencia de la altura vertical de la fase pesada $H_D < 10\%$ de la altura del decantador (normalmente es un recipiente horizontal). Y debe cumplirse lo siguiente.

$$1/2 H_D A_I / Q_D > 2 \text{ a } 5 \text{ min. (1).....9}$$

Donde:

A_I = área de interfase asumida súper interfase .sq ft.

A_L = área de la sección transversal asignada para la fase liviana sq ft.

$$D_L = 4 A_L / (I + P) \dots\dots\dots 12$$

$$D_H = 4 A_H / (I + \pi \cdot r - P) \dots\dots\dots 13$$

Donde: $P = \text{arc cos } (h/r)$

Grado de turbulencia :

$$N_{re} = \frac{V_C \cdot D_H}{\mu_c} \rho_c (1) \dots\dots\dots 14$$

ρ_c = fase continua

D_H = diámetro hidráulico, $f_t = 4$ (área del flujo para la fase en cuestión/ perímetro mojado de el canal del fluido).

V_c = velocidad baja del canal del fluido.

Normas para elegir el Decantador .

<u>Re</u>	<u>Resultados</u>
<5000	pocos problemas
5000-20,000	algunos problemas
20,000-50,000	mayores problemas podrían existir.
Arriba de 50,000	se espera mala separación.

Las velocidades de las dos fases podrían estar cerca de la misma terminal de la unidad. Para ajustes mecánicos internos de diseño, el cociente sugerido es de <2:1

(internamente no necesita ser igual). Las velocidades de entrada y salida del recipiente podría ser baja, en el rango de 0.5 a 1.5 ft / s , ya que sino, la alimentación no podría reaccionar dentro del recipiente e impediría la sedimentación en el cuerpo mayor del liquido, se debe cuidar la turbulencia en un mínimo absoluto o nada, la pared (deflector) puede o no estar en medio de la unidad, para proporcionar un flujo menor ,de los fluidos a través de las unidades, o de arriba hacia abajo, siguiendo la trayectoria hacia la cámara más grande que existe con fluido depositado.(ver figura 5).pagina anterior N° 39.

VI 2 Cálculos del diseño del decantador.

El diseño de un decantador, usando el método de la bibliografía (1).

Para una planta de procesos , se va ha diseñar un decantador para separar los sólidos del agua de lavado de los gases de combustión de una caldera. Las condiciones son las siguientes:

Tenemos que:

Fase pesada = inquemados producidos en la combustión.

Fase liviana = agua

Los cálculos para el decantador, son referidos a una unidad de decantación, esto se debe a que según el flujo manejado por la planta, se requiere de cuatro decantadores, los cuales se ubicaran en la parte posterior de la planta, los decantadores deben de cumplir con un numero de Reynolds no mayor de 20 000, para no tener problemas de funcionamiento por lo que se consideran los cuatro decantadores, y no menos, ya que al considerar un número mayor, da como consecuencia, un número de Reynolds mayor, por lo que aumentarían las unidades de decantación, en este caso, se realizo el siguiente cálculo de diseño, con los datos de la planta, ver cuadro N° 6 .

Cuadro N° 6.- Datos de la corriente Líquida

Corriente Líquida Para la Decantación	Entrada al decantador
Masa (Lb/h)	103 200.8604

De la referencia de la combustión del caldero, de los residuos carbonoso Conradson (2), se asume el 6% de inquemados de la combustión en el caldero, para tener en el diseño la producción máxima de inquemados, y tener una tolerancia mayor en el diseño. Así tenemos:

Flujo másico total de gases de combustión: 8 781.8866 kg/h.

Flujo másico de inquemados generados: $6\% \cdot (8\,781.8866) = 526.9132$ kg /h.

Flujo másico de inquemados generados = 239.506 Lb/h.

Calculando los flujos másicos de las dos corrientes, tenemos que:

Flujo másico de corriente líquida total que ingresa al decantador: 103 200.8604 Lb/h.

Flujo másico de agua 102 673.9472 Lb/h.

Flujo másico de inquemados: 239.506 Lb/h.

VI-2.1 Datos para el diseño:

Fase pesada: Flujo másico = 239.506 Lb/h

$$\rho = 69.29 \text{ Lb/ cu ft}$$

$$\mu = 3.7 \text{ centipoise}$$

Agua: flujo másico = 102 673.9472 Lb/h

$$\rho = 62.3 \text{ Lb/ cu ft}$$

$$\mu = 0.71 \text{ centipoise.}$$

Para efectos de cálculos de realizará el diseño de un decantador, la planta por el flujo que presenta necesita cuatro decantadores, ya que según las condiciones de diseño la velocidad del agua debe dar un número de Reynolds menor de 20,000 para no tener problemas de turbulencia, se ha dividido el flujo total en cuatro.

VI-2.2 Unidades de conversión:

Dividiendo el flujo para cuatro decantadores es:

Fase pesada Flujo másico = 239.506 Lb/h

$$\rho = 69.29 \text{ Lb/ cu ft}$$

$$\mu = 3.7 \text{ centipoise}$$

Agua: flujo másico = 25668.4868 Lb/h

$$\rho = 62.3 \text{ Lb/ cu ft}$$

$$\mu = 0.71 \text{ centipoise.}$$

$$Q_{\text{pesada}} = (239.506)/(69.29)(3600) = 0.00096 \text{ cu ft/s}$$

$$\mu_{\text{pesada}} = (3.7)(6.72 \cdot 10^{-4}) = 24.864 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft-s}$$

$$Q_{\text{agua}} = (51863.8868)/(62.3)(3600) = 0.2312 \text{ cu ft/s}$$

$$\mu_{\text{agua}} = (0.71)(6.72 \cdot 10^{-4}) = 4.77 \cdot 10^{-4} \text{ lb/ft-s}$$

Calculando la fase dispersa, de la ecuación

$$\Theta = (Q_L/Q_H) * (\rho_L * \mu_H / \rho_H * \mu_L)^{0.3}$$

$$\Theta = (0.1145 / 0.00096) * (62.3 * 24.864 \cdot 10^{-4} / 69.2905 * 4.77 \cdot 10^{-4})^{0.3}$$

$$\Theta = 382.80$$

Entonces $\Theta > 3.3$ entonces fase pesada esta siempre dispersa es $Q_{\text{pesada}} = Q_H$.

Encontrando el valor para droplets (tamaño de la gota o sólido) proveniente del agua.

Asumiendo el droplet (tamaño de la gota o sólido) el tamaño es $d = 0.0005 \text{ ft}$ (150 μm) como anteriormente se ha discutido.

$$V_{\text{pesada}} = (32.17)(0.0005)^2(69.2905 - 62.3) / [(18)(4.77 \cdot 10^{-4})]$$

$$V_{\text{pesada}} = 0.006548 \text{ ft/s}$$

El signo mas (+) significa que la fase pesada baja o desciende.

VI-2.3 Asunciones: Tenemos las siguientes asunciones:

1.- Asunción N°1:

De la figura 7, I es el 80% del diámetro D, del recipiente y que $L/D = 5$.

Entonces $Q_c/A_I < V_d$

$$A_I = I * L = (0.8 D)(5D) = 4 D^2$$

Entonces

$$Q_c / 4D^2 \geq V_d$$

$$D \geq (0.5)(Q_c/V_d)^{0.5} \geq (0.5) (0.2312 / 0.0065)^{0.5}$$

$$D = 2.98 \text{ ft} = 2.98 \text{ ft} = 3.0 \text{ ft}$$

Longitud

$$L = 5D = 5 * 2.98 = 14.9 \text{ ft.} = 15 \text{ ft}$$

Igualmente para la interfase, se asume fijando la interfase.

2.- Asunción

Fijando la interfase , que se alimenta por debajo del tope del recipiente, previniendo la salida de agua por el alargamiento del tope.

Entonces :

La interfase en el alargamiento del tope a la salida del agua es:

Asumiendo que $h = 0.5$ ft

$$h = 0.5 \text{ ft}$$

$$r = 2.98 / 2 = 1.49 \text{ ft}$$

$$I = 2 * (r^2 - h^2)^{0.5} = 2 * [(1.49)^2 - (0.5)^2]^{0.5} = 2.80 \text{ ft} \dots\dots\dots (\text{anexo 3}).$$

$$A_{\text{pesada}} = (0.5)(\pi)(1.49)^2 - 0.5[(1.49)^2 - (0.5)^2]^{0.5} - (1.49)^2 \text{arc sen}(0.5/1.49) \dots\dots\dots (\text{anexo 2}).$$

$$= 3.4873 - 0.7018 - 0.7597$$

$$A_{\text{pesada}} = 2.0258 \text{ sqft}$$

$$A_{\text{agua}} = \pi (1.49)^2 - A_{\text{pesado}} = \pi (2.2201) - 2.0258 = 4.9488 \text{ sqft}$$

$$= 4.9488 \text{ sqft}$$

$$P = 2(1.49)[\text{arc cos}(0.5/1.49)] = 3.6612 \text{ sqft} \dots\dots\dots (\text{anexo 3})$$

Área de interfase.

$$A_I = (2.80)(1.49) = 41.72 \text{ sqft.}$$

3.- Segunda condición fijada.

La fase continua es la pesada que desciende, para no pasar el rango de desborde del agua se tiene un rango de error de interfase.

$$V_{\text{pesada}} \leq Q_{\text{agua}} / A_i = 0.2312 / 41.72 = 0.0055 \text{ ft/s.}$$

Entonces, obtenemos la velocidad de la ecuación:

$$d = [(18)(4.77 \cdot 10^{-4})(0.0055) / (32.17)(69.2905 - 62.3)]^{0.5}$$

$$d = 0.000458 \text{ ft (150 } \mu\text{m)}$$

Chequeando el tiempo de coalescencia:

Asumiendo: H_D = altura de la banda de dispersión = 10% de D

$$H_D = 10\% D = 10\%(2.98) = 0.3 \text{ ft}$$

Tiempo disponible para cruzar la banda de dispersión.

$= 0.5(H_D \cdot A_i / Q_D)$ podría ser < 2 a 5 minutos, pero tomamos la referencia de 1-2 horas para decantadores primarios.

$$= 0.5[(0.3)(41.72) / (0.00096)] = 6518.75 \text{ s.}$$

Tenemos entonces 108.64 minutos, son 1.8 horas.

Entonces.

$$D_{\text{pesada}} = 4(2.0258) / (2.80 + 3.6612) = 1.2541 \text{ ft}$$

$$V_{\text{pesada}} = 0.00096 / 2.0258 = 0.00047 \text{ ft/sec}$$

$$N_{\text{Re pesada}} = [(0.00047)(1.2541)(69.2905) / (24.864 \cdot 10^{-4})] = 16.5619$$

$$N_{Re \text{ pesada}} = 16.5619$$

$$D_{\text{agua}} = 4(4.9488) / [2.8 + 2 \cdot \pi \cdot 1.49 + 3.6612] = 1.2510 \text{ ft}$$

$$V_{\text{agua}} = 0.2312 / 4.9488 = 0.0467 \text{ ft/s.}$$

$$N_{Re} = [(0.0467)(1.2510)(62.3) / (4.77 \cdot 10^{-4})] = 7630$$

D= droplet diámetro. ft.

El grado de turbulencia podría ser clasificado como aceptable, pero la unidad no podría incrementar su capacidad para derrames por creación de una fase de agua turbulenta.

De los resultados obtenidos podemos observar que:

1- Los parámetros que se analizaron luego de la decantación fueron los siguientes. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de gas carbónico, con los siguientes equipos : Potenciometro con sensor de temperatura, conductímetro, y cono de sedimentación Inhoff para sólidos.

Cuadro N°7 Datos de las pruebas realizadas.

Párametro	Valores Entrada al Decantador	Valores Salida Decantador
pH	8.3	8.3
Sólidos Suspendidos ml/Sedimentables	12.5 ml/h	0.5 ml/h
Temperatura	28°C	26°C

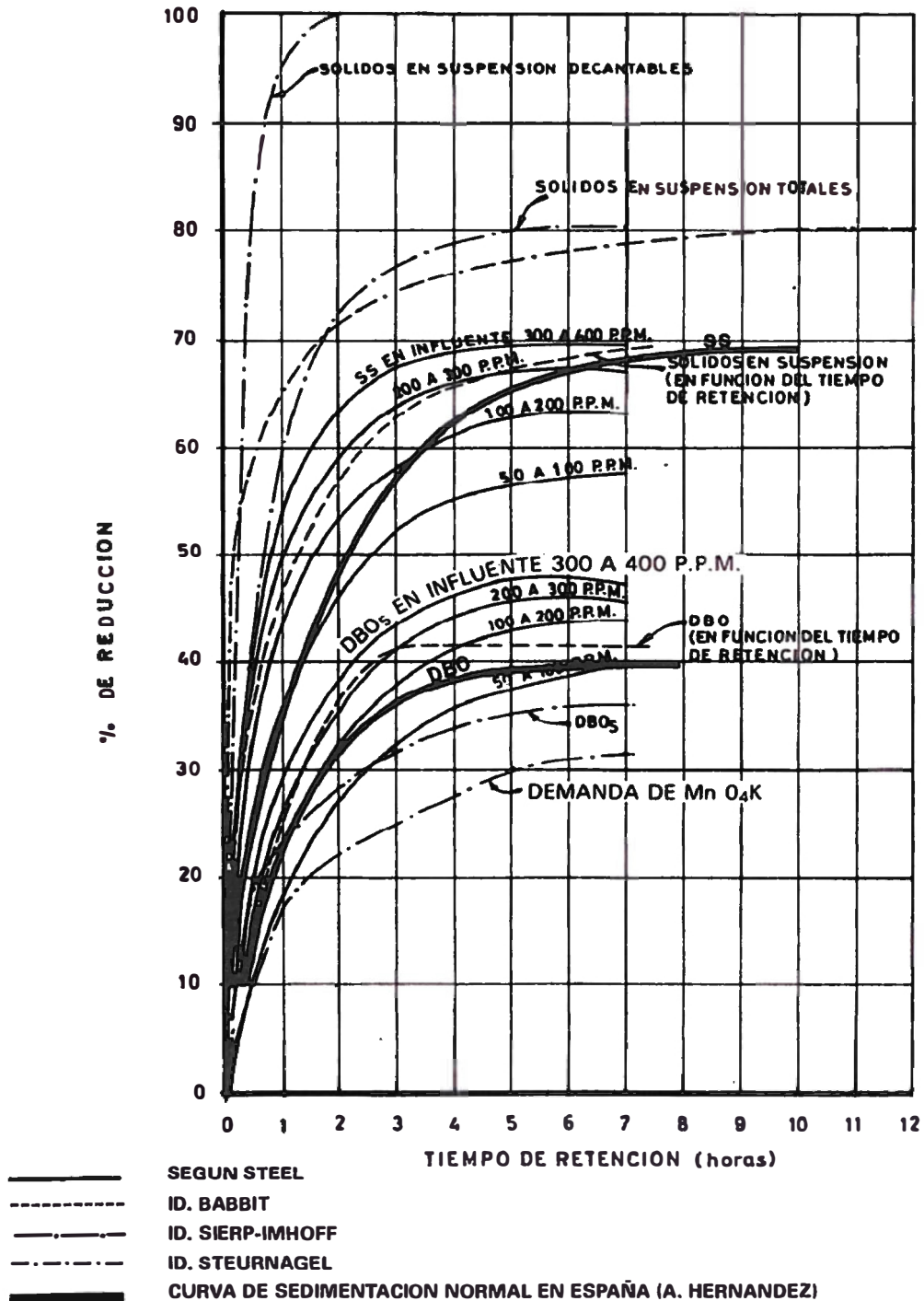
2- Las dimensiones de los decantadores son las siguientes.

Longitud del decantador	15 ft.
Diámetro del decantador	3.0 ft
Banda de dispersión	=10%D=0.3 ft.

3- El porcentaje de sólidos decantados, según la gráfica N^o1 (Ver pagina siguiente N^o 48), cuyo titulo es “Rendimiento de decantación versus Tiempo de retención”. Tenemos lo siguiente.

Para un tiempo de retención igual a 108.64 minutos (aproximadamente 1.8 horas) calculado en el diseño, tenemos aproximadamente 90% de Reducción de sólidos en suspensión decantables para nuestro sistema en estudio.

FIGURA N° 1.-RENDIMIENTO EN DECANTADORES PRIMARIOS



VII) Conclusiones y recomendaciones:

1.-Si todos los sólidos del agua residual fueran partículas discretas del mismo tamaño, densidad, peso específico y forma relativamente uniformes, la eficiencia de eliminación de dichos sólidos dependerá del área superficial del tanque y del tiempo de retención, las aguas tratadas no se ajustan a estas características regulares, sino que son de característica heterogénea por lo que se ha asumido las características antes mencionadas para el diseño.

2.-La coalescencia de una suspensión de sólidos se torna más completa a medida que transcurre el tiempo. Por esta razón, el tiempo de retención también se deberá tener en cuenta en el proyecto de los tanques de decantación.

3.-La decantación primaria alcanza a las partículas en suspensión o disolución en las aguas residuales que no pueden retenerse por su finura o densidad, y que tampoco pueden separarse mediante flotación por ser más pesadas que el agua.

4.-Las características de dimensionado de los decantadores deben cumplir con :

Entrada del afluente: La corriente de alimentación se difundirá de forma homogénea por todo el tanque desde el primer momento

Deflectores: Colocarlos a la entrada y salida de la balsa. El primero conseguirá una buena repartición del caudal afluente. El segundo retendrá las sustancias flotantes, grasas y espumas

Vertedero de salida: Deberá nivelarse. La relación del caudal afluente a la longitud total de vertido debe ser menor de 10 - 12 m³/h/m para no levantar los fangos sedimentados, para nuestro diseño: es igual a 0.31 m³/h/m.

5. - Casos de decantación primaria obligatoria.

- - Cuando se vierten posteriormente las aguas en terreno para riego.
- Cuando se utiliza un sistema biológico de lechos bacterianos

6.-En el diseño de los tanques de decantación primaria, los efectos de la temperatura no requieren una atención especial. Sin embargo, en zonas de climas fríos, los incrementos de la viscosidad del agua producidos por las bajas de temperatura retardan la sedimentación de las partículas en los decantadores y reducen el rendimiento para temperaturas inferiores a los 20 °C, se aplica la figura N°1 para corregir el tiempo de detención.

7.-La elección del tipo de tanque depende del tamaño de la instalación, de las disposiciones y reglamentos de los organismos locales de control, de las condiciones locales del terreno, de experiencia y juicio del proyectista. Se ha diseñado cuatro decantadores, se colocara uno mas, con el objeto de que el proceso no se interrumpa mientras uno de ellos este fuera de servicio por razones de reparación o de mantenimiento, se instalaran cinco decantadores en área especificada.

8.-Se cumple además con las disposiciones de seguridad para la eliminación de los residuos producidos por el decantador, estos son los especificados según el Titulo V Información Sobre el manejo de Residuos Sólidos, Artículo 37° inc1.- se dispone que los generadores de residuos sólidos industriales remitirán anualmente al MITINCI una declaración de manejo de Residuos sólidos, en la que detallaran el volumen de generación y las características del manejo efectuado, así como el plan de manejo de los residuos que van a ejecutar en el siguiente período.

9.- Los decantadores serán ubicados después de la torre de enfriamiento y antes de la segunda torre de lavado, será ubicado en la parte posterior de la planta, para que sea fácil la eliminación de los sólidos obtenidos de la decantación.

10.-Para efectos de cálculos se realizará el diseño de un decantador, la planta por el flujo que presenta necesita cuatro decantadores, ya que según las condiciones de diseño la velocidad del agua debe dar un número de Reynolds menor de 20,000 para no tener problemas de turbulencia en el funcionamiento.

11.-Los residuos sólidos son desechados cumpliendo con la ley N° 27314-Ley general de Residuos Sólidos con fecha de emisión 21 de julio de 2000; Título II, Gestión Ambiental de Residuos Sólidos, Capítulo I Lineamiento de Gestión, artículo 3° Finalidad y Artículo 4° Lineamiento de Gestión.

12.- El manejo de los residuos sólidos se realiza cumpliendo con la ley N° 27314-Ley general de Residuos Sólidos, Capítulo I, disposiciones Generales de Manejo, Artículo 14° Definición de residuos sólidos y con el Título V, información sobre el manejo de Residuos sólidos, artículo 35°,36°, y 37°.

VIII) BIBLIOGRAFIA.

1. Ernest E. Ludwing, Applied Process Desing, Volumen 1, tercera edición, Gulf Professional Plants 1999, 242,243,244,245,246,572,610,612.

2. Castillo P., Combustión de petróleos Industriales, COMBINSA, 1998, pag. 38,39.

3. Chumbimuni A., Manual de Eficiencia Energética de Calderos Industriales, INTINTEC-SIN, Octubre 1991, pag. 18.

4. Treybal R., Operaciones de Transferencia de masa, segunda edición, McGraw-Hill, pag 212,213,227,306,369,379,445,646.

5. Kern D., Procesos de Transferencia de Calor, Compañía editorial Continental S.A. Mexico, primera edición , 1965, pag.301,645,696.

6. Perry, Manual del Ingeniero Químico, año 1986, quinta edición en ingles, McGraw-Hill de México, volumen 4-13,4-14,4-15

7. Praxair Perú S.A. , Manual de la Planta de Dióxido de Carbono, año 2000, volumen 1, pag 1,2,3,4,5,6,7,8.

8. Metcalf y Eddy, INC, Ingenieria de aguas Residuales Tratamientos, vertido y Reutilizacion, Tercera edición,1995, McGraw-Hill, Volumen I, pag. 225,256, Volumen II, pag. 539,540,541,542,543,544,555,556.

9. Turriate Manrique Juan., Separatas del Curso de Titulación de Normas legales 2002. Universidad Nacional de Ingeniería. pag I22,I-24.

Anexos.

IX-1 Anexo 1: Factores de conversión.

572

Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants

A-2.

(Continued). Physical Property Conversion Factors

Poise $\times 0.0672 =$ pounds (mass)/(ft.-sec.)
 = poundal-sec./sq.ft.
 Poise $\times 0.10 =$ Newton-sec./sq. meter
 Centipoise $\times 0.01 =$ gm./cm.-sec.
 Centipoise $\times 6.72 \times 10^{-4} =$ pound/(ft.-sec.)
 Centipoise $\times 2.4 =$ pound/(ft.-hr.)
 Millipoise $\times 1000 =$ poise
 Micropoise $\times 1,000,000 =$ poise
 Slugs/ft.-sec. $\times 47,900 =$ centipoise
 Centistoke $\times 1.076 \times 10^{-3} =$ ft.²/sec.
 Centipoise (cp) $= 0.01$ gm./cm.-sec.
 Slugs/ft.-sec. $\times 32.2 =$ pounds (mass)/(ft.-sec.)
 Pounds/ft.-sec. $\times 3600 =$ lb./ft.-hr.
 Pounds (mass)/ft.-sec. $\times 1487 =$ centipoise
 Pounds (mass)/ft.-sec. $\times 0.0311 =$ slugs/ft.-sec.
 = pounds (force)-sec./sq.ft.
 Viscosity of air @ 68° F. $= 180.9 \times 10^{-6}$ poise
 Viscosity of water @ 66° F. $= 0.010087$ poise

Viscosity (Kinematic)

Kinematic viscosity,
 centistokes $\times 1.076 \times 10^{-3} =$ ft.²/sec.

Kinematic viscosity, centistokes (c) $= \frac{\text{Dynamic viscosity, centipoise}}{\text{Fluid density, gm./cc.}}$

$=$ Sp. Gr. of liquid relative to water at 59.2° F. (15.6° C.)

Centistokes $\times 0.01 =$ Stokes, sq. cm./sec.
 Centistokes $\times 1.076 \times 10^{-3} =$ sq. ft./sec.
 Centistokes $\times 0.01 =$ Stokes, sq. cm./sec.

Thermal Conductivity (through a homogeneous material)

$\frac{\text{Btu (ft.)}}{(\text{sq. ft.}) (\text{°F.}) (\text{hr.})} \times 4.181 \times 10^{-3} = \frac{(\text{g.-cal.}) (\text{cm.})}{(\text{sq. cm.}) (\text{°C.}) (\text{sec.})}$
 $\times 1.200 \times 10^{-3} = \frac{(\text{Btu}) (\text{in.})}{(\text{sq. ft.}) (\text{°F.}) (\text{hr.})}$
 $\times 3.518 \times 10^{-3} = \frac{(\text{kilowatt hrs.}) (\text{in.})}{(\text{sq. ft.}) (\text{°F.}) (\text{hr.})}$
 $\frac{(\text{g.-cal.}) (\text{cm.})}{(\text{sq. cm.}) (\text{°C.}) (\text{hr.})} \times 0.063 \times 10^{-3} = \frac{\text{Btu (in.)}}{(\text{sq. ft.}) (\text{°F.}) (\text{hr.})}$
 $\times 6.719 \times 10^{-3} = \frac{\text{Btu (ft.)}}{(\text{sq. ft.}) (\text{°F.}) (\text{hr.})}$
 $\frac{(\text{g.-cal.}) (\text{cm.})}{(\text{sq. cm.}) (\text{°C.}) (\text{sec.})} \times 2.003 \times 10^{-3} = \frac{\text{Btu (in.)}}{(\text{sq. ft.}) (\text{°F.}) (\text{hr.})}$

$\times 0.061 \times 10^{-3} = \frac{\text{Btu (in.)}}{(\text{sq. ft.}) (\text{°F.}) (\text{sec.})}$
 $\times 6.506 \times 10^{-3} = \frac{(\text{joules}) (\text{in.})}{(\text{sq. ft.}) (\text{°F.}) (\text{sec.})}$

Specific Gravity (Liquid)

$$s = \frac{\rho \text{ of liquid @ } 60^{\circ} \text{ F.}}{\rho \text{ of water @ } 60^{\circ} \text{ F.}}$$

* or at other specified temperature

Oil

$$s \text{ at } 60^{\circ} \text{ F./} 60^{\circ} \text{ F.} = \frac{141.5}{131.5 + \text{degrees API}}$$

Liquids Lighter Than Water

$$s \text{ @ } 60^{\circ} \text{ F./} 60^{\circ} \text{ F.} = \frac{140}{130 + \text{degrees Baume}^{\ast}}$$

Liquids Heavier Than Water

$$s \text{ @ } 60^{\circ} \text{ F./} 60^{\circ} \text{ F.} = \frac{145}{145 - \text{degrees Baume}^{\ast}}$$

Specific Gravity (Gases)

$$S_g = \frac{R \text{ of air} - 53.3}{R \text{ of gas} - R \text{ of air}}, \text{ where } R = \text{gas constant}$$

$$S_g = \frac{\text{mol. wt. (air)}}{\text{mol. wt. (gas)}} = \frac{29}{\text{mol. wt. (gas)}}$$

Density, Liquid ρ

Density liquid, $\rho = (62.3 \text{ lb./cu. ft. water}) (\text{Sp. Gr. liquid})$,
 pounds/cu. ft.

Metric

- 1 gram = 10 decigrams
- = 100 centigrams
- = 1,000 milligrams
- = 1,000,000 microgram.
- = 0.001 kilogram
- = 10⁻⁶ megagram
- 1 liter = 10 deciliters = 1.0567 liquid quarts
- 10 liters = 1 dekaliter = 2.6417 liquid gallons
- 10 dekaliters = 1 hectoliter = 2.6375 U. S. bushels

(Continued on next page)

IX-2 Anexo 2: Formulas para recipientes especificos.

610

A-22.

Miscellaneous Formulas
(Courtesy of Chicago Bridge and Iron Co.)

1. Area of Roofs.

Umbrella Roofs:

D = diameter of tank in feet.

$$\text{Surface area in square feet} \left\{ \begin{array}{l} \approx 0.842 D^2 \text{ (when radius} \approx \text{diameter)} \\ \approx 0.132 D^2 \text{ (when radius} \approx 0.5 \text{ diameter)} \end{array} \right.$$

Conical Roofs:

$$\text{Surface area in square feet} \left\{ \begin{array}{l} \approx 0.787 D^2 \text{ (when pitch is } \frac{1}{4} \text{ in } 12) \\ \approx 0.792 D^2 \text{ (when pitch is } 1\frac{1}{2} \text{ in } 12) \end{array} \right.$$

2. Average weights.

Steel = 490 pounds per cubic foot—specific gravity 7.85

Wrought iron = 485 pounds per cubic foot—specific gravity 7.77

Cast iron = 450 pounds per cubic foot—specific gravity 7.21

1 cubic foot air or gas at 32° F., 760 mm. barometer = molecular weight x 0.0027355 pounds.

3. Expansion in steel pipe = 0.78 inch per 100 lineal feet per 100 degrees Fahr. change in temperature = 0.412 inch per mile per degree Fahr. temperature change.

4. Linear coefficients of expansion per degree increase in temperature:

	Per Degree Fahrenheit	Per Degree Centigrade
STRUCTURAL STEEL—A-7 70° to 200° F. 21.1° to 93° C.	0.0000067	—
STAINLESS STEEL—TYPE 304 32° to 932° F. 0° to 500° C.	0.0000102	—
ALUMINUM -76° to 68° F. -60° to 20° C.	0.0000150	—
	---	0.0000216

5. To determine the net thickness of shells for horizontal cylindrical pressure tanks:

$$T = \frac{6PD}{S}$$

P = working pressure in pounds per square inch

D = diameter of cylinder in feet

S = allowable unit working stress in pounds per square inch

T = Net thickness in inches

Resulting net thickness must be corrected to gross or actual thickness by dividing by joint efficiency.

6. To determine the net thickness of heads for cylindrical pressure tanks:

(6a) Ellipsoidal or Bumped Heads:

$$T = \frac{6PD}{S}$$

T, P and D as in formula 5

(6b) Dished or Basket Heads:

$$T = \frac{10.6P(MR)}{S}$$

T, S and P as in formula 5

MR = principal radius of head in feet

Resulting net thickness of heads is both net and gross thickness if one piece seamless heads are used, otherwise net thickness must be corrected to gross thickness as above.

Formulas 5 and 6 must often be modified to comply with various engineering codes, and state and municipal regulations. Calculated gross plate thicknesses are sometimes arbitrarily increased to provide an additional allowance for corrosion.

7. Heads for Horizontal Cylindrical Tanks:

Hemi-ellipsoidal Heads have an ellipsoidal cross section, usually with minor axis equal to one half the major axis—that is, depth = 1/4 D, or more.

Dished or Basket Heads consist of a spherical segment normally dished to a radius equal to the inside diameter of the tank cylinder (or within a range of 6 inches plus or minus) and connected to the straight cylindrical flange by a "knuckle" whose inside radius is usually not less than 6 per cent of the inside diameter of the cylinder nor less than 3 times the thickness of the head plate. Basket heads closely approximate hemi-ellipsoidal heads.

Bumped Heads consist of a spherical segment joining the tank cylinder directly without the transition "knuckle." The radius = D, or less. This type of head is used only for pressures of 10 pounds per square inch or less, excepting where a compression ring is placed at the junction of head and shell.

Surface Area of Heads:

(7a) Hemi-ellipsoidal Heads:

$$S = \pi R^2 (1 + \frac{1}{4} K^2(2 - K))$$

S = surface area in square feet

R = radius of cylinder in feet

K = ratio of the depth of the head (not including the straight flange) to the radius of the cylinder

The above formula is not exact but is within limits of practical accuracy.

(7b) Dished or Basket Heads:

Formula (7a) gives surface area within practical limits.

(7c) Bumped Heads:

$$S = \pi R^2 (1 + \frac{1}{4} K^2)$$

S, R, and K as in formula (7a)

Volume of Heads:

(7d) Hemi-ellipsoidal Heads:

$$V = \frac{1}{2} \pi K R^3$$

R = radius of cylinder in feet

K = ratio of the depth of the head (not including the straight flange) to the radius of the cylinder

(7e) Dished or Basket Heads:

Formula (7d) gives volume within practical limits.

(7f) Bumped Heads:

$$V = \frac{1}{2} \pi K R^3 (1 + \frac{1}{3} K^2)$$

V, K and R as in formula (7d)

Note: K in above formulas may be determined as follows:

Hemi-ellipsoidal heads—K is known

Dished Heads—K = $M - \sqrt{(M-1)(M^2 + 1 - 2m)}$

Bumped Heads—K = $[M - \sqrt{M^2 - 1}]$

MR = principal radius of head in feet

mR = radius of knuckle in feet

R = radius of cylinder in feet

$$M = \frac{MR}{R} \quad ; \quad m = \frac{mR}{R}$$

For bumped heads m = 0

B. Total volume or length of shell in cylindrical tank with ellipsoidal or hemispherical heads:

V = Total volume

L = Length of cylindrical shell

KD = Depth of head

$$V = \frac{\pi D^2}{4} (L + \frac{1}{4} KD)$$

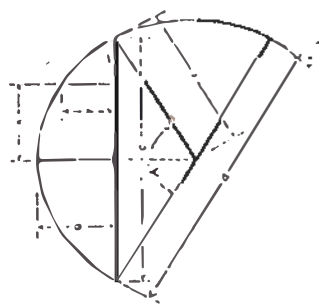
$$L = (V \div \frac{\pi D^2}{4}) - \frac{1}{4} KD$$



(By permission of Buffalo Tank Div., Bethlehem Steel Corp.)

PROPERTIES OF THE CIRCLE

- Circumference = $4.712388 r = 3.14159 d$
- Diameter = 0.31831 circumference
- Area = $3.14159 r^2$
- Arc $a = \frac{\pi r A^\circ}{180^\circ} = 0.017453 r A^\circ$
- Angle $A^\circ = \frac{180^\circ a}{\pi r} = 57.29578 \frac{a}{r}$
- Radius $r = \frac{4 b^2 + c^2}{8 b}$
- Chord $c = 2 \sqrt{2br - b^2} = 2 r \sin \frac{A}{2}$
- Rise $b = r - \sqrt{r^2 - \frac{c^2}{4}} = \frac{c}{2} \tan \frac{A}{4}$
- ... $2 r \sin^2 \frac{A}{4} = r + y = \sqrt{r^2 - \frac{c^2}{4}}$
- ... $y = \frac{b}{2} - \frac{c^2}{8r} = \frac{r - y}{2}$
- ... $x = \sqrt{r^2 - (r - y)^2} = 3y$



Diameter of circle of equal periphery as square = 1.2732 side of square
 Side of square of equal periphery as circle = 0.7854 diameter of circle
 Diameter of circle circumscribed about square = 1.4142136 side of square
 Side of square inscribed in circle = 0.70711 diameter of circle

CIRCULAR SECTOR

- r = radius of circle
- Y = angle ncp in degrees
- Area of Sector $nsp = \frac{1}{2} (\text{length of arc } ncp \times r)$



CIRCULAR SEGMENT

- r = radius of circle
- s = chord
- b = rise
- Area of Segment $nsp = \text{Area of Sector } ncp - \text{Area of Triangle } ncp$
- ... = $\frac{1}{2} (\text{Length of arc } ncp \times r) - \frac{1}{2} (r - b)s$
- Area of Segment $nsp = \frac{r^2 \cos^{-1} \frac{r-b}{r}}{2} - \frac{r^2 \sin^{-1} \frac{s}{2r}}{2} - \frac{r^2 \sin^{-1} \frac{s}{2r}}{2}$



VALUES FOR FUNCTIONS OF π

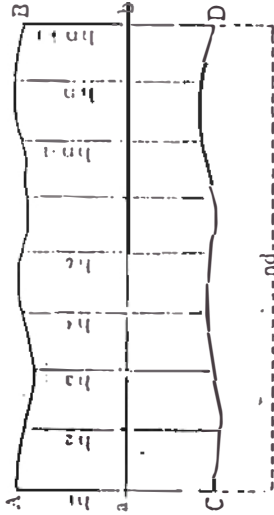
- $\pi = 3.14159265359$, $\log = 0.4971499$
- $\frac{1}{\pi} = 0.3183099$, $\log = 1.5028501$, $\sqrt{\frac{1}{\pi}} = 0.5641896$, $\log = 1.7514251$
- $\pi^2 = 31.0062767$, $\log = 1.4914497$, $\frac{1}{\pi^2} = 0.1013212$, $\log = 1.0037002$, $\sqrt{\frac{1}{\pi^2}} = 0.1742331$, $\log = 1.2418774$
- $\sqrt{\pi} = 1.7724539$, $\log = 0.2485749$, $\frac{1}{\sqrt{\pi}} = 0.5641896$, $\log = 1.7514251$

(Continued).

AREA OF PLANE FIGURES

- Triangle: Base $\times \frac{1}{2}$ perpendicular height.
- $\sqrt{\frac{s(s-a)(s-b)(s-c)}{4}}$, $s = \frac{1}{2}$ sum of the three sides a, b and c .
- Trapezoid: Sum of area of the two triangles.
- $\frac{1}{2}$ sum of parallel sides \times perpendicular height.
- Parallelogram: Base \times perpendicular height.
- Regular Polygon: $\frac{1}{2}$ sum of sides \times inside radius
- Circle: $\pi r^2 = 0.78540 \times \text{dia.}^2 = 0.07958 \times \text{circumference}^2$
- Sector of Circle: $\frac{\pi r A^\circ}{360}$
- $\frac{\pi A^\circ}{180} - \sin A^\circ$
- Segment of Circle: $\frac{\pi r A^\circ}{180} - \sin A^\circ$
- Circle of same area as square: diameter = side $\times 1.253318$
- Square of same area as circle: side = diameter $\times 0.886228$
- Ellipse: Long diam \times short diam $\times 0.78540$
- Parabola: Base $\times \frac{2}{3}$ perpendicular height

Irregular plane surface

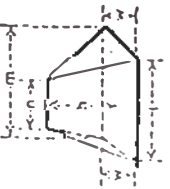


Divide any plane surface A, B, C, D, along a line $n-d$ into an even number, n , of parallel and symmetrically small strips, d , whose ordinates are $h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7, h_8, h_9, h_{10}$ and considering contours between three ordinates as parabolic curves, then for section A (BC),

$$\text{Area} = n \left[\frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} + h_4 + \frac{h_5 + h_6 + h_7}{3} + h_8 + \frac{h_9 + h_{10}}{3} \right]$$

or, approximately, Area = Sum of ordinates \times width, d .

VOLUME OF A WEDGE



This formula is useful in obtaining the contents of special, vertical-sidewall tank bottoms.

$$\text{Volume} = \frac{1}{6} (a + b + m) l$$

IX-4 Anexo 4: Ley General de Residuos sólidos.

NORMAS LEGALES

Director: Manuel Jesús Orbegozo

<http://www.edltoraperu.com.pe>

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA VIOLENCIA FAMILIAR"

Lima, viernes 21 de julio de 2000

AÑO XVIII - N° 7333

Pág. 190739

CONGRESO DE LA REPUBLICA

LEY N° 27314

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

POR CUANTO:

El Congreso de la República

ha dado la Ley siguiente:

EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA;

Ha dado la Ley siguiente:

LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1°.- Objeto

La presente Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

Artículo 2°.- Ámbito de aplicación

2.1 La presente Ley se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos.

2.2 No están comprendidos en el ámbito de esta Ley los residuos sólidos de naturaleza radiactiva, cuyo control es de competencia del Instituto Peruano de Energía Nuclear, salvo en lo relativo a su internamiento al país, el cual se rige por lo dispuesto en esta Ley.

TÍTULO II

GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

CAPÍTULO I

LINEAMIENTOS DE GESTIÓN

Artículo 3°.- Finalidad

La gestión de los residuos sólidos en el país tiene como finalidad su manejo integral y sostenible, mediante la articulación, integración y compatibilización de las políticas, planes, programas, estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y el manejo de los residuos sólidos, aplicando los lineamientos de política que se establecen en el siguiente artículo.

Artículo 4°.- Lineamientos de política

La presente Ley se enmarca dentro de la política nacional ambiental y los principios establecidos en el

Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, aprobado mediante Decreto Legislativo N° 613. La gestión y manejo de los residuos sólidos se rige especialmente por los siguientes lineamientos de política, que podrán ser exigibles programáticamente, en función de las posibilidades técnicas y económicas para alcanzar su cumplimiento:

1. Desarrollar acciones de educación y capacitación para una gestión de los residuos sólidos eficiente, eficaz y sostenible.

2. Adoptar medidas de minimización de residuos sólidos, a través de la máxima reducción de sus volúmenes de generación y características de peligrosidad.

3. Establecer un sistema de responsabilidad compartida y de manejo integral de los residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, a fin de evitar situaciones de riesgo e impactos negativos a la salud humana y el ambiente, sin perjuicio de las medidas técnicamente necesarias para el mejor manejo de los residuos sólidos peligrosos.

4. Adoptar medidas para que la contabilidad de las entidades que generan o manejan residuos sólidos refleje adecuadamente el costo real total de la prevención, control, fiscalización, recuperación y compensación que se derive del manejo de residuos sólidos.

5. Desarrollar y usar tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización, que favorezcan la minimización o reaprovechamiento de los residuos sólidos y su manejo adecuado.

6. Fomentar el reaprovechamiento de los residuos sólidos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final.

7. Promover el manejo selectivo de los residuos sólidos y admitir su manejo conjunto, cuando no se generen riesgos sanitarios o ambientales significativos.

8. Establecer acciones orientadas a recuperar las áreas degradadas por la descarga inapropiada e incontrolada de los residuos sólidos.

9. Promover la iniciativa y participación activa de la población, la sociedad civil organizada, y el sector privado en el manejo de los residuos sólidos.

10. Fomentar la formalización de las personas o entidades que intervienen en el manejo de los residuos sólidos.

11. Armonizar las políticas de ordenamiento territorial y las de gestión de residuos sólidos, con el objeto de favorecer su manejo adecuado, así como la identificación de áreas apropiadas para la localización de instalaciones de tratamiento, transferencia y disposición final.

12. Fomentar la generación, sistematización y difusión de información para la toma de decisiones y el mejoramiento del manejo de los residuos sólidos.

13. Definir planes, programas, estrategias y acciones transectoriales para la gestión de residuos sólidos, conjugando las variables económicas, sociales, culturales, técnicas, sanitarias y ambientales.

14. Priorizar la prestación privada de los servicios de residuos sólidos, bajo criterios empresariales y de sostenibilidad.

15. Asegurar que las tasas o tarifas que se cobren por la prestación de servicios de residuos sólidos se fijan, en función de su costo real, calidad y eficiencia.

16. Establecer acciones destinadas a evitar la contaminación del medio acuático, eliminando el arrojamiento de residuos sólidos en cuerpos o cursos de agua.

Artículo 5°.- Competencias del CONAM

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) debe:

1. Coordinar con las autoridades sectoriales y municipales la debida aplicación de la presente Ley.

2. Promover la aplicación de planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos en las distintas ciudades del país, de conformidad con lo establecido en esta ley.

3. Incluir en el Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente en el Perú, el análisis referido a la gestión y el manejo de los residuos sólidos.

4. Incorporar en el Sistema Nacional de Información Ambiental, información referida a la gestión y manejo de los residuos sólidos.

5. Armonizar los criterios de evaluación de impacto ambiental con los lineamientos de política establecida en la presente Ley.

6. Resolver, en última instancia administrativa, los recursos impugnativos interpuestos con relación a conflictos entre resoluciones o actos administrativos emitidos por distintas autoridades, relacionados con el manejo de los residuos sólidos.

7. Resolver, en última instancia administrativa, a pedido de parte, sobre la inaplicación de resoluciones o actos administrativos que contravengan los lineamientos de política y demás disposiciones establecidas en la presente Ley.

8. Promover la adecuada gestión de residuos sólidos, mediante el Marco Estructural de Gestión Ambiental, establecido por el Decreto del Consejo Directivo del CONAM N° 01-97-CD/CONAM, y la aprobación de políticas, planes y programas de gestión transectorial de residuos sólidos, a través de la Comisión Técnica Multisectorial.

CAPÍTULO II

AUTORIDADES SECTORIALES

Artículo 6°.- Competencia de las autoridades sectoriales

La gestión y el manejo de los residuos sólidos de origen industrial, agropecuario, agroindustrial o de instalaciones especiales, que se realicen dentro del ámbito de las áreas productivas e instalaciones industriales o especiales utilizadas para el desarrollo de dichas actividades, son regulados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos regulatorios o de fiscalización correspondientes.

Artículo 7°.- Competencia del Sector Salud
El Ministerio de Salud está obligado a:

1. Regular a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), lo siguiente:

a) Los aspectos técnico-sanitarios del manejo de residuos sólidos, incluyendo los correspondientes a las actividades de reciclaje, reutilización y recuperación.

b) El manejo de los residuos sólidos de establecimientos de atención de salud, así como de los generados en campañas sanitarias.

2. Aprobar el Estudio de Impacto Ambiental y emitir opinión técnica favorable, previamente a la aprobación de los proyectos de plantas de transferencia, tratamiento y rellenos sanitarios.

3. Declarar zonas en estado de emergencia sanitaria por el manejo inadecuado de los residuos sólidos.

4. Administrar y mantener actualizado el registro de las empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos y de las empresas comercializadoras señaladas en el Artículo 19°.

5. Vigilar el manejo de los residuos sólidos debiendo adoptar, según corresponda, las siguientes medidas:

a) Inspeccionar y comunicar a la autoridad sectorial competente las infracciones detectadas al interior de las áreas e instalaciones indicadas en el artículo anterior, en caso que se generen impactos sanitarios negativos al exterior de ellas.

b) Disponer la eliminación o control de los riesgos sanitarios generados por el manejo inadecuado de residuos sólidos.

c) Requerir con la debida fundamentación el cumplimiento de la presente Ley a la autoridad municipal, bajo responsabilidad.

Artículo 8°.- Competencia del Sector Transportes y Construcción

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción regula la gestión de los residuos sólidos de la actividad de la construcción y el transporte de los residuos peligrosos. Asimismo, autoriza y fiscaliza el transporte de los residuos peligrosos, en las vías nacionales y regionales.

CAPÍTULO III

AUTORIDADES MUNICIPALES

Artículo 9°.- Municipalidades Provinciales

Las municipalidades provinciales son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos, en todo el ámbito de su jurisdicción.

Están obligadas a:

1. Planificar la gestión integral de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción, compatibilizando los planes de manejo de residuos sólidos de sus distritos y centros poblados menores, con las políticas de desarrollo local y regional.

2. Regular y fiscalizar el manejo y la prestación de los servicios de residuos sólidos de su jurisdicción.

3. Emitir opinión fundamentada sobre los proyectos de ordenanza distritales referidas al manejo de residuos sólidos, incluyendo la cobranza de arbitrios correspondientes.

4. Asegurar la adecuada limpieza de vías, espacios y monumentos públicos, la recolección y transporte de residuos sólidos en el distrito del Cercado de las ciudades capitales correspondientes.

5. Aprobar los proyectos de infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos sólidos, así como autorizar su funcionamiento.

6. Autorizar el funcionamiento de la infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos sólidos.

7. Asumir, en coordinación con la autoridad de salud de su jurisdicción, o a pedido de ésta, la prestación de los servicios de residuos sólidos para complementar o suplir la acción de aquellos distritos que hayan sido declarados en emergencia sanitaria o que no puedan hacerse cargo de los mismos en forma adecuada. El costo de los servicios prestados deberá ser sufragado por la municipalidad distrital correspondiente.

8. Adoptar medidas conducentes a promover la constitución de empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos indicadas en el Artículo 27° de la presente Ley, así como incentivar y priorizar la prestación privada de los servicios de conformidad con lo establecido en la presente Ley.

9. Promover y garantizar servicios de residuos sólidos administrados bajo principios, criterios y contabilidad de costos de carácter empresarial.

10. Suscribir contratos de prestación de servicios de residuos sólidos con las empresas registradas en el Ministerio de Salud.

11. Autorizar y fiscalizar el transporte de residuos peligrosos en su jurisdicción, con excepción del que se realiza en las vías nacionales y regionales.

Artículo 10°.- Municipalidades Distritales

10.1 Las municipalidades distritales son responsables por la prestación de los servicios de recolección y transporte de los residuos sólidos indicados en el artículo anterior y de la limpieza de vías, espacios y monumentos públicos en su jurisdicción. Los residuos sólidos en su totalidad deberán ser conducidos directamente a la planta de tratamiento, transferencia o al lugar de disposición final autorizado por la Municipalidad Provincial, estando obligados los municipios distritales al pago de los derechos correspondientes.

10.2 Las municipalidades distritales son competentes para suscribir contratos de prestación de servicios de residuos sólidos con las empresas indicadas en el inciso 9) del artículo anterior.

Artículo 11°.- Pequeñas ciudades y centros poblados menores

Las ciudades con menos de 5,000 habitantes o los centros poblados menores que cuenten con un municipio propio establecido de conformidad con lo dispuesto por la Ley Orgánica de Municipalidades y sus normas reglamentarias y complementarias, podrán exceptuarse del cumplimiento de aquellas disposiciones de la presente Ley que resulten incompatibles con sus condiciones económicas e infraestructura y equipamiento urbano, o por su condición socioeconómica rural.

Artículo 12°.- Coordinación y concertación

La gestión de los residuos sólidos de responsabilidad municipal en el país debe ser coordinada y concertada, especialmente en las zonas conurbadas, en armonía con las acciones de las autoridades sectoriales y las políticas de desarrollo regional. Las municipalidades provinciales están obligadas a realizar las acciones que correspondan para la debida implementación de esta disposición.

TÍTULO III**MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS****CAPÍTULO I****DISPOSICIONES GENERALES
PARA EL MANEJO****Artículo 13°.- Disposiciones generales de manejo**

El manejo de residuos sólidos realizado por toda persona natural o jurídica deberá ser sanitaria y ambientalmente adecuado, con sujeción a los principios de prevención de impactos negativos y protección de la salud, así como a los lineamientos de política establecidos en el Artículo 4°.

Artículo 14°.- Definición de residuos sólidos

Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

1. Minimización de residuos
2. Segregación en la fuente
3. Reaprovechamiento
4. Almacenamiento
5. Recolección
6. Comercialización
7. Transporte
8. Tratamiento
9. Transferencia
10. Disposición final

Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales.

Artículo 15°.- Clasificación

15.1 Para los efectos de esta Ley y sus reglamentos, los residuos sólidos se clasifican según su origen en:

1. Residuo domiciliario
2. Residuo comercial
3. Residuo de limpieza de espacios públicos
4. Residuo de establecimiento de atención de salud
5. Residuo industrial
6. Residuo de las actividades de construcción
7. Residuo agropecuario
8. Residuo de instalaciones o actividades especiales

15.2 Al establecer normas reglamentarias y disposiciones técnicas específicas relativas a los residuos sólidos



COLEGIO DE CONTADORES PUBLICOS DE LIMA

ASAMBLEA GENERAL EXTRAORDINARIA CONVOCATORIA

El Consejo Directivo, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 23°, 25°, 31° y 32° del Estatuto vigente, convoca a ASAMBLEA GENERAL EXTRAORDINARIA para el día martes 8 de agosto de 2000, a horas 6:30 p.m. en primera convocatoria y a horas 7:00 p.m. en segunda convocatoria, en nuestra sede institucional, Av. Arequipa N° 998.

ORDEN DEL DIA

1. Informe de la Comisión Revisora nombrada por Asamblea General Ordinaria del 9 de diciembre de 1999.
2. Propuestas de Saneamiento del Presupuesto Institucional.

Nota: Estamos enviando las correspondientes esquelas de convocatoria al domicilio de cada colegiado, incluyendo un resumen de los informes objeto de la Asamblea.

Lima, 23 de julio de 2000

Julio César Trujillo Meza
DECANO

Angel Augusto Feijoo Romero
DIRECTOR SECRETARIO

dos se podrán establecer subclasificaciones en función de su peligrosidad o de sus características específicas, como su naturaleza orgánica o inorgánica, física, química, o su potencial reaprovechamiento.

Artículo 16°.- Residuos del ámbito no municipal
El generador, empresa prestadora de servicios, operador y cualquier persona que intervenga en el manejo de residuos sólidos no comprendidos en el ámbito de la gestión municipal será responsable por su manejo seguro, sanitario y ambientalmente adecuado, de acuerdo a lo establecido en la presente Ley, sus reglamentos y las normas técnicas correspondientes.

Artículo 17°.- Internamiento de residuos

17.1 Está prohibido el internamiento de residuos sólidos al territorio nacional. Sólo por excepción se podrá admitir el internamiento de residuos sólidos destinados exclusivamente a actividades de reciclaje, reutilización o recuperación, previa autorización fundamentada expedida a través de resolución de la DIGESA del Ministerio de Salud. Esta autorización se otorgará para sucesivos internamientos en un período determinado, cuando se demuestre que se va internar un mismo tipo de residuo, proveniente de una misma fuente de suministro.

17.2 No se concederá autorización de internamiento ni de tránsito por el territorio nacional a aquellos residuos que por ser de naturaleza radiactiva o que por su manejo resultaren peligrosos para la salud humana y el ambiente. La Dirección General de Capitanías y Guardacostas de la Marina de Guerra del Ministerio de Defensa, podrá prohibir el ingreso a aguas y puertos nacionales a aquellas naves que transporten residuos como carga en tránsito, cuando no estén cumpliendo con las normas de seguridad para el transporte y formalidades para el ingreso legal en tránsito por el territorio nacional, establecidas en los convenios internacionales suscritos por el Perú y otras normas legales vigentes.

Artículo 18°.- Adquisiciones estatales

Las entidades y dependencias del Estado a cargo de procesos de adquisiciones y contrataciones optarán preferentemente por productos y servicios de reducido impacto ambiental negativo que sean durables, no peligrosos y susceptibles de reaprovechamiento. Estas características deben ser incluidas en las especificaciones técnicas y administrativas de los concursos o licitaciones correspondientes.

Artículo 19°.- Comercialización de residuos sólidos

La comercialización de residuos sólidos que van a ser objeto de reindustrialización para la obtención de productos de consumo humano directo o indirecto será efectuada exclusivamente por empresas debidamente registradas ante el Ministerio de Salud.

Artículo 20°.- Salud ocupacional

Los generadores y operadores de los sistemas de manejo de residuos sólidos deberán contar con las condiciones de trabajo necesarias para salvaguardar su salud y la de terceros, durante el desarrollo de las actividades que realizan, debiendo entre otros, contar con los equipos, vestimenta, instalaciones sanitarias y capacitación que fueren necesarios.

Artículo 21°.- Guías de manejo

Las autoridades señaladas en la presente Ley promoverán, a través de Guías, la adopción de los sistemas de manejo de residuos sólidos que mejor respondan a las características técnicas de cada tipo de residuo, a la localidad geográfica en la que sean generados, a la salud pública, la seguridad del medio ambiente, la factibilidad técnico-económica, y que conduzcan al establecimiento de un sistema de manejo integral de residuos sólidos.

CAPÍTULO II

DISPOSICIONES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS

Artículo 22°.- Definición de residuos sólidos peligrosos

22.1 Son residuos sólidos peligrosos aquéllos que por sus características o el manejo al que son o van a ser

sometidos representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

22.2 Sin perjuicio de lo establecido en las normas internacionales vigentes para el país o las reglamentaciones nacionales específicas, se considerarán peligrosos los que presenten por lo menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad.

Artículo 23°.- Responsabilidad por residuos sólidos peligrosos frente a daños

23.1 El que causa un daño durante el manejo de residuos sólidos peligrosos está obligado a repararlo, de conformidad con el Artículo 1970° del Código Civil.

23.2 Los generadores de residuos sólidos peligrosos podrán contratar una empresa prestadora de servicios de residuos sólidos debidamente registrada ante el Ministerio de Salud, la misma que, a partir del recojo, asumirá la responsabilidad por las consecuencias derivadas del manejo de dichos residuos.

23.3 El generador será considerado responsable cuando se demuestre que su negligencia o dolo contribuyó a la generación del daño. Esta responsabilidad se extiende durante la operación de todo el sistema de manejo de los residuos sólidos peligrosos hasta por un plazo de veinte años, contados a partir de la disposición final.

Artículo 24°.- Envases de sustancias o productos peligrosos

Los envases que han sido utilizados para el almacenamiento o comercialización de sustancias o productos peligrosos y los productos usados o vencidos que puedan causar daños a la salud o al ambiente son considerados residuos peligrosos y deben ser manejados como tales, salvo que sean sometidos a un tratamiento que elimine sus características de peligrosidad, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 22° de la presente Ley y sus normas reglamentarias. Los fabricantes, o en su defecto, los importadores o distribuidores de los mismos son responsables de su recuperación cuando sea técnica y económicamente factible o de su manejo directo o indirecto, con observación de las exigencias sanitarias y ambientales establecidas en esta Ley y las normas reglamentarias vigentes o que se expidan para este efecto.

Artículo 25°.- Seguro contra riesgos

Las autoridades sectoriales competentes podrán disponer que las entidades generadoras o responsables del manejo de residuos sólidos peligrosos contraten una póliza de seguro que cubra las operaciones de manejo de los mismos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo, de ser necesario, los residuos que son almacenados para su posterior reaprovechamiento, cuando prevean riesgos significativos que pongan en peligro la salud de la población o la calidad ambiental.

TÍTULO IV

PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Artículo 26°.- Fomento de la participación privada

El Estado prioriza la prestación privada de los servicios de residuos sólidos, del ámbito de la gestión municipal y no municipal, bajo criterios empresariales y de sostenibilidad de la prestación, eficiencia, calidad, continuidad y la mayor cobertura de los servicios, así como de prevención de impactos sanitarios y ambientales negativos. La prestación de estos servicios de residuos sólidos se rige por los lineamientos de política establecidos en el Artículo 4°.

Artículo 27°.- Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos

27.1 La prestación de servicios de residuos sólidos se realiza a través de las Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS), constituidas prioritariamente como empresa privada o mixta con mayoría de capital privado. Para hacerse cargo de la prestación de servicios de residuos sólidos, las EPS-RS deberán estar

Artículo 34.- Auditorías

El manejo de residuos sólidos e infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos sólidos serán auditados de conformidad con las normas de fiscalización establecidas por los sectores y municipalidades provinciales correspondientes. Los generadores, operadores y EPS-RS deberán facilitar el ingreso a sus instalaciones y el acceso a sus documentos técnicos y administrativos pertinentes a los auditores autorizados.

TÍTULO V

INFORMACIÓN SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Artículo 35.- Informe de las autoridades

Las autoridades sectoriales y municipales sistematizarán y pondrán a disposición del público la información obtenida en el ejercicio de sus funciones vinculadas a la gestión de los residuos sólidos, sin perjuicio de la debida reserva de aquella información protegida por leyes especiales.

Asimismo, remitirán al CONAM un informe anual sobre el manejo de los residuos sólidos generados por las actividades comprendidas en su ámbito de competencia, considerando todas las operaciones o procesos adoptados de acuerdo a lo establecido en el Artículo 14°.

Artículo 36.- Consolidación de información

La información proporcionada por las autoridades sectoriales al CONAM formará parte del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) y podrá ser solicitada libremente por cualquier autoridad competente para la toma de decisiones en el ejercicio de sus funciones.

Artículo 37.- Declaración y Manifiesto de Manejo

37.1 Los generadores de residuos sólidos no comprendidos en el ámbito de la gestión municipal remitirán anualmente a la autoridad de su Sector una Declaración de Manejo de Residuos Sólidos en la que detallarán el volumen de generación y las características del manejo efectuado, así como el plan de manejo de los residuos sólidos que estiman que van a ejecutar en el siguiente período.

37.2 El generador y la EPS-RS responsable del transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos están obligados a suscribir un Manifiesto de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos por cada operación de traslado hacia el lugar de disposición final, de acuerdo a los criterios establecidos por reglamento. Una copia de los mismos deberá ser adjuntada a la Declaración indicada en el párrafo anterior. Esta disposición no es aplicable a las operaciones de transporte por medios convencionales o no convencionales que se realiza al interior de las concesiones de extracción o aprovechamiento de recursos naturales.

37.3 Las autoridades competentes deberán remitir copia de la información recibida a la DIGESA del Ministerio de Salud.

Artículo 38.- Informe de operadores

Los responsables del transporte, plantas de transferencia, tratamiento o de disposición final de residuos sólidos deberán presentar mensualmente a las unidades técnicas especializadas en salud ambiental del Ministerio de Salud, de la jurisdicción correspondiente, un informe sobre los servicios prestados. Copia de la información recibida deberá ser remitida a la DIGESA del Ministerio de Salud.

Artículo 39.- Notificaciones a la autoridad

Los generadores de residuos sólidos peligrosos y las EPS-RS notificarán sobre las enfermedades ocupacionales, accidentes y emergencias presentadas durante el manejo de los residuos sólidos y sobre la desaparición de éstos a la autoridad de salud de la jurisdicción correspondiente, la que a su vez informará a la DIGESA del Ministerio de Salud, sin perjuicio de las otras notificaciones que deban efectuar conforme a ley.

TÍTULO VI

POBLACIÓN Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Artículo 40.- De los derechos

Son derechos frente al manejo de residuos sólidos los siguientes:

1. Acceder a servicios de residuos sólidos estructurados conforme a lo previsto en esta Ley y sus normas reglamentarias.
2. Acceder a la información pública sobre residuos sólidos.
3. La protección de su salud y entorno ambiental frente a los riesgos o daños que se puedan producir durante todas las operaciones de manejo de residuos sólidos, incluyendo los del ámbito de la gestión no municipal.
4. Participar en el proceso de aprobación de los planes, programas y proyectos de manejo de residuos sólidos del ámbito provincial.

Artículo 41.- De las obligaciones

Son obligaciones frente al manejo de los residuos sólidos los siguientes:

1. Pagar oportunamente por los servicios de residuos sólidos recibidos y por las multas y demás cargas impuestas por la comisión de infracciones a la presente Ley.
2. Cumplir con las disposiciones específicas, normas y recomendaciones técnicas difundidas por la EPS-RS correspondiente o las autoridades competentes.
3. Almacenar los residuos sólidos con sujeción a las normas sanitarias y ambientales, para evitar daños a terceros y facilitar su recolección.
4. Poner en conocimiento de las autoridades competentes las infracciones que se estimen se hubieran cometido contra la normatividad de residuos sólidos.

Artículo 42.- Resolución del contrato de la EPS-RS

El reclamo fundamentado de por lo menos la tercera parte de la población, que es servida por una EPS-RS, es causal de resolución del contrato de prestación de servicios suscrito entre la EPS-RS correspondiente y el municipio, en cuyo caso, las municipalidades adoptarán las medidas necesarias a fin de mantener la continuidad del servicio.

Esta disposición no afecta la aplicación de las disposiciones del Código Civil sobre resolución de contratos.

TÍTULO VII

INSTRUMENTOS ECONÓMICOS

Artículo 43.- Establecimiento de incentivos

Las autoridades sectoriales y municipales establecerán condiciones favorables que directa o indirectamente generen un beneficio económico, en favor de aquellas personas o entidades que desarrollen acciones de minimización, segregación de materiales en la fuente para su reaprovechamiento, o de inversión en tecnología y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a mejorar el manejo de los residuos sólidos en los sectores económicos y actividades vinculadas con su generación.

Artículo 44.- Inversión privada

El Estado promueve la participación del sector privado en la investigación, desarrollo tecnológico, adquisición de equipos, así como en la construcción de infraestructura de tratamiento, transferencia o disposición final de residuos sólidos. Es obligación de las autoridades competentes adoptar medidas y disposiciones que incentiven la inversión privada en estas actividades.

Artículo 45.- Recuperación de envases y empaques

En aquellos casos en que sea técnica y económicamente factible, el Estado, a través de sus órganos competentes, promoverá la creación de mercados de subproductos y que los fabricantes nacionales y distribuidores de productos importados establezcan mecanismos que

debidamente registradas en el Ministerio de Salud y deberán contar con un ingeniero sanitario colegiado calificado para hacerse cargo de la dirección técnica de las prestaciones. Las EPS-RS deberán contar con equipos e infraestructura idónea para la actividad que realizan.

27.2 La prestación de servicios de residuos sólidos por pequeñas y microempresas estará restringida a los residuos del ámbito de la gestión municipal, conforme a las disposiciones reglamentarias que al efecto se dicten para promover su participación.

Artículo 28°.- Obligaciones de las EPS-RS
Son obligaciones de las EPS-RS las siguientes:

1. Inscribirse en el Registro de Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos del Ministerio de Salud.
2. Brindar a las autoridades competentes y a los auditores correspondientes las facilidades que requieran para el ejercicio de sus funciones de fiscalización.
3. Ejercer permanentemente el aseguramiento de la calidad de los servicios que presta.
4. Contar con un sistema de contabilidad de costos, regido por principios y criterios de carácter empresarial.
5. Contar con un plan operativo en el que se detalle el manejo específico de los residuos sólidos, según tipo y características particulares.
6. Suscribir y entregar los documentos señalados en los Artículos 37°, 38° y 39° de esta Ley.
7. Manejar los residuos sólidos de acuerdo a las disposiciones establecidas en esta Ley y sus normas reglamentarias.

Artículo 29°.- De los contratos

Los contratos de prestación de servicios de residuos sólidos estarán sujetos a criterios técnico-sanitarios y ambientales.

Los contratos de prestación de servicios de residuos sólidos deberán contener los siguientes aspectos:

1. El derecho de prestación total o parcial que se otorga.
2. El ámbito de la prestación.
3. El plazo de duración del contrato de los residuos del ámbito de la gestión municipal, el cual en ningún caso será menor de dos años, con excepción de las situaciones de emergencia sanitaria o desastres oficialmente declarados, en los que se podrá suscribir contratos por un plazo menor.
4. Los parámetros de calidad técnica, sanitaria y ambiental del servicio objeto del contrato.
5. Las condiciones de prestación del servicio en caso de contingencia, emergencia sanitaria o desastre.
6. Las penalidades por incumplimiento del contrato.
7. Las garantías que ofrecen las partes para el cumplimiento de sus obligaciones.

Artículo 30°.- Cobros diferenciados por prestaciones municipales

Las municipalidades podrán cobrar derechos adicionales por la prestación de los servicios de los residuos sólidos indicados en el Artículo 9°, cuando su volumen exceda el equivalente a 50 litros de generación diaria aproximada, por domicilio o comercio. Las municipalidades provinciales podrán dictar normas específicas para regular la aplicación de esta disposición.

Artículo 31°.- EIA y PAMA

El manejo de residuos sólidos es parte integrante de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). A partir de la vigencia de esta norma, los referidos instrumentos serán formulados con observancia de las disposiciones reglamentarias de la presente Ley y, en particular, de los siguientes aspectos:

1. Prevención y control de riesgos sanitarios y ambientales.
2. Criterios adoptados y características de las operaciones o procesos de manejo, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 14°.

Artículo 32°.- Construcción de infraestructura

32.1 Los proyectos de infraestructura de tratamiento, transferencia y relleno sanitario de residuos sólidos deben ser aprobados por la Comisión Técnica Municipal de Calificación de Proyectos de la Municipalidad Provincial correspondiente, o la instancia que cumpla las funciones de ésta, con la debida presentación del EIA respectivo, previamente aprobado por la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud y la opinión técnica favorable del proyecto, emitida por este organismo y por la Dirección General de Medio Ambiente del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

32.2 La construcción y operación de infraestructura para el manejo de residuos sólidos industriales al interior de las concesiones de extracción o aprovechamiento de recursos naturales serán autorizadas por las autoridades sectoriales competentes, informando lo actuado a la DIGESA.

Artículo 33°.- Barrera sanitaria

33.1 Destinar en todo relleno sanitario un área perimetral que actúe exclusivamente como barrera sanitaria. En dicha área se implantarán barreras naturales o artificiales que contribuyan a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales.

33.2 El uso de las áreas ocupadas por rellenos sanitarios después de su cierre deberá ser previamente autorizado por la DIGESA del Ministerio de Salud.



Consejo Superior de Contrataciones y Adquisiciones del Estado
CONSUCODE

NUEVA SEDE INSTITUCIONAL

A partir del lunes 24 de julio, nos será grato atender a nuestros usuarios en:

Av. Gregorio Escobedo cuadra 7 - Jesús María

CENTRAL TELEFONICA

(01) 462-1111

-Lima, julio de 2000

Página Web: www.consucode.gob.pe