



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
SECCIÓN INGENIERÍA QUÍMICA

ESTUDIO SOBRE EL MANEJO Y DISPOSICIÓN
DE LOS DESECHOS DE LABORATORIO
DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

Trabajo presentado por

LUZ MARINA HERNÁNDEZ COSPÍN

para optar al grado académico de
Licenciada en Ingeniería Química

GUATEMALA, AGOSTO DE 1992

DEDICATORIA

A MIS PADRES: DR. LUIS FELIPE HERNANDEZ M.
DRA. GLORIA COSPIN DE HERNANDEZ


A MIS HERMANOS: ANA, LUIS, JORGE Y MONICA

A MIS COMPANEROS Y AMIGOS : CON CARINO

UN ESPECIAL AGRADECIMIENTO A MI MAMI, DRA. GLORIA COSPIN DE HERNANDEZ POR SU APOYO Y AYUDA PARA LA CULMINACION DE ESTE TRABAJO.

A MI HERMANO LUIS FELIPE HERNANDEZ COSPIN POR SU COLABORACION CON LOS DIBUJOS DE ESTA TESIS.

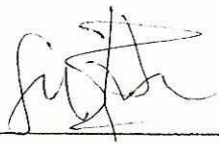
Vo. Bo.:

(f) 

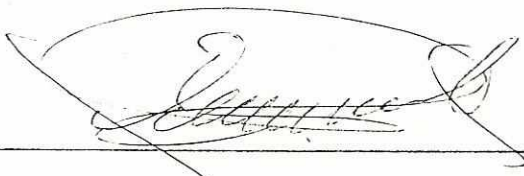
Ing. Oscar Gil Girón

Asesor

Tribunal:

(f) 

Ing. Oscar Gil Girón

(f) 

Ing. José Eduardo Calderón

(f) 

Ing. César Arturo Estrada

Fecha de Aprobación : 27 de agosto de 1992

INDICE

	Pag. No.
RESUMEN	i
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
III. RESULTADOS	9
IV. DISCUSIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	11
V. CONCLUSIONES	35
VI. RECOMENDACIONES	37
VII. BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXOS	41
ANEXO No. 1 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INCINERACIÓN	42
ANEXO No. 2 TABLAS Y FIGURAS	51
ANEXO No. 3 SUGERENCIAS DE PROCEDIMIENTOS A SEGUIR EN EL LABORATORIO	68
ANEXO No. 4 PROCEDIMIENTOS PARA PRETRATAMIENTO DE ALGUNOS QUÍMICOS ORGÁNICOS	72
ANEXO No. 5 ALGUNOS BOLETINES CREADOS POR EL COMITE DE SEGURIDAD DE LABORATORIOS	75

RESUMEN

En este trabajo se hizo un estudio sobre el manejo y la disposición de los desechos de laboratorio de la Universidad del Valle, en el cual se revisaron los procedimientos de disposición utilizados actualmente. Se encontró que a pesar de los esfuerzos de un grupo de personas los métodos no eran los apropiados, pues se estaba eliminando un problema (tener los desechos en bodega) para crear otro menor para la universidad (contaminación del ambiente).

Durante el estudio se concluyó que para establecer todo el sistema de manejo y disposición de desechos se requiere de un esfuerzo en conjunto de un grupo de personas de la universidad reunidas con ese propósito específico. En el caso de la Universidad del Valle ya existe un Comité de Seguridad de Laboratorios. Lo que aquí se presenta es una parte de lo que puede ser todo un programa de disposición de desechos en la universidad que pudiera seguir dicho comité. En este trabajo se presentan algunas sugerencias en cuanto al manejo de desechos de los laboratorios, pero no constituyen la solución definitiva del problema, sino parte de la solución al mismo.

Dado que en la selección de alternativas se optó por la incineración, dentro del estudio se diseñó un incinerador para la correcta combustión de los desechos orgánicos líquidos. Con el incinerador también se incluye el sistema de limpieza de

gases para cumplir con las estrictas normas que eviten la contaminación del aire. Se sugieren también algunos métodos para el correcto tratamiento y disposición de los desechos inorgánicos.

En general, se propone un instrumento diseñado para que la universidad pueda solventar de una forma más adecuada un problema que ya se está afrontando.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo la Universidad del Valle de Guatemala tiene problema con la disposición de los desechos líquidos provenientes de los laboratorios. Actualmente la disposición de desechos se está haciendo bajo la guía y supervisión del Comité de Seguridad de Laboratorios. Sin embargo por las limitaciones de equipo y facilidades, los métodos utilizados son muy empíricos: se queman todos los compuestos inflamables en un tonel con keroseno, y los compuestos no inflamables se funden en bloques de concreto. Como vemos, el método con el que se hace la combustión es muy rudimentario, y además no se sabe qué hacer a largo plazo con los bloques de cemento que por el momento se tienen guardados. Este procedimiento representa un alto riesgo para las personas involucradas en el mismo, pues se exponen a quemaduras. Además de que los gases producidos se liberan al medio ambiente sin ningún tratamiento donde causa una mayor contaminación. Aún así, la incineración es un método de disposición que posee ventajas sobre otros. La incineración de los desechos orgánicos tiene la característica de reducir al mínimo la cantidad de desperdicio a recolectar y, al mismo tiempo, esterilizar y oxidar los desechos al punto que no contaminen ni emitan algún olor.

Es por eso que el objetivo principal de este trabajo es encontrar soluciones viables para el correcto manejo y disposición de los desechos provenientes de los laboratorios de la universidad. En esto se incluye que deben encontrarse métodos

adecuados para la disposición de desechos inorgánicos, ácidos y bases, y diseñar un sistema de incineración con su respectivo sistema de tratamiento de gases para los compuestos orgánicos inflamables.

La necesidad de este estudio es esencial para la universidad, pues evitará los riesgos de quemaduras para las personas involucradas en el proceso de combustión y la contaminación del aire del área, además que la institución universitaria estará contribuyendo a la preservación del medio ambiente. Al mismo tiempo, la universidad estará dando el ejemplo a sus estudiantes para hacerles conciencia del cuidado que debe tenerse con la disposición de desechos. Además, este equipo se puede aprovechar para algunas prácticas de laboratorio y tener un fin educativo; así como del fin práctico para el que fue diseñado.

II. ANTECEDENTES:

A. Recuperación de químicos de laboratorio:

En general, en los manuales para el manejo de desechos se recomienda la recuperación, reciclado o reutilización de los materiales que de otra forma serían desecho. Aunque estas opciones pueden no ser económicas para un laboratorio dado, siempre se deben considerar como alternativas para practicar, pues es muy probable que, en el futuro, la disposición de desechos peligrosos en un relleno de seguridad sea muy limitada. Además las instalaciones de incineración que acepten pequeños volúmenes de diversos tipos de desecho son pocas en general.

La disponibilidad de los rellenos de seguridad y la cantidad de instalaciones para incinerar, cambian el concepto de economía relativa que produce la recuperación, reciclaje y reutilización de los materiales en el laboratorio. La recuperación de estos químicos en el mismo laboratorio puede ser también una valiosa experiencia académica, si se lleva a cabo con la supervisión adecuada.

1. Recuperación de metales valiosos:

Pequeñas cantidades de los metales más valiosos se pueden recuperar y reciclar en el laboratorio. Estos procedimientos de recuperación se deben llevar a cabo bajo la supervisión de un profesional entrenado que comprenda profundamente la química involucrada. Cantidades grandes de algunos materiales se pueden vender a proveedores o reprocesadores para su recuperación.

El mercurio, la plata y otros como platino, paladio, rodio y rutenio son los elementos que generalmente vale la pena recuperar.

2. Recuperación de solventes por destilación:

Si el trabajo de laboratorio es de cierta naturaleza que los solventes usados de composición conocida son producidos constantemente, entonces la recuperación de los mismos es económicamente viable. Los costos de recuperación se deberían comparar con los costos combinados de la compra de nuevos solventes y de disposición de los solventes usados. Un análisis del patrón de uso de los solventes puede dar suficiente información para reciclado.

Es posible reciclar algunos solventes orgánicos comunes por destilación en simples equipos de laboratorio operados por estudiante o técnicos bajo la adecuada supervisión. Algunos fabricantes de equipo de laboratorio ofrecen equipos medianos para la recuperación de solventes, éstos también pueden diseñarse y construirse localmente.

B. Disposición de químicos en el sistema de desague sanitario:

Actualmente, la disposición indiscriminada de los químicos de laboratorio en los desagües, sin fijarse en cantidades o tipo, es totalmente inaceptable. Algunos químicos pueden interferir en el correcto funcionamiento de las instalaciones de tratamiento de aguas negras. En los drenajes del laboratorio mismo, algunos químicos pueden crear incendios, explosiones o

polución del aire local, otros pueden corroer el mismo sistema.

C. Procedimientos para la destrucción de químicos

Desde un punto de vista químico es posible reducir o destruir la característica peligrosa de muchos químicos por medio de reacciones en el laboratorio. Aunque la destrucción de los químicos no siempre es una solución económica, algunos laboratorios encuentran una ruta viable para ciertos desechos. En laboratorios académicos se puede hacer que parte del programa de instrucción sea la destrucción de algunos químicos. Esto reduce la cantidad de químicos de desechos producidos que se debe eliminar.

Es una buena política del laboratorio que ninguno manipule algún químico sin antes comprender sus propiedades y posibles peligros de ese material.

1. Químicos Orgánicos:

La mayoría de compuestos orgánicos se pueden destruir en un incinerador correctamente diseñado y operado. Las clases de químicos que son apropiados para este método de destrucción se darán a continuación.

- Hidrocarburos: alcanos, alquenos, alquinos y arenos.
- Hidrocarburos halogenados: cloruro de metileno, cloroforno, etc.
- Otros compuestos halogenados: hidroxilos, carboxilos, etc.
- Alcoholes y fenoles.
- éteres.

- Mercaptanos
- Otros compuestos órgano-sulfurosos
- ácidos carboxílicos
- Otros ácidos orgánicos
- Haluros de ácido y anhídridos
- Otros derivados de ácidos: ésteres, amidas y nitrilos
- Aldehídos y cetonas
- Aminas
- Compuestos nitro
- Compuestos N-nitroso
- Peróxidos orgánicos e hidro-peróxidos
- Pigmentos y tintes

La incineración de estos compuestos debe ser hecha con cautela y en forma sistemática. Se deben tomar en cuenta todas las recomendaciones sobre diluciones o mezclas que pudieran reaccionar de forma violenta. Se debe también tratar de reducir los compuestos a una forma más sencilla y menos tóxica cuando sea posible. Una buena costumbre es hacerlo parte de la práctica de laboratorio.

2. Químicos Inorgánicos

Se puede considerar que la mayoría de desechos inorgánicos consisten de una parte catiónica (átomos de metal o metaloide) y una parte aniónica (generalmente, pero no siempre, átomos no metálicos; muchos metales se combinan con no-metálicos para formar aniones). Al planear la disposición de estas sustancias se debe decidir si representan un bajo peligro como para

ponerlo en un relleno sanitario o si presenta suficiente peligro como para requerir eliminación en un relleno de seguridad. Muchas veces es necesario examinar las partes catiónicas y aniónicas de la sustancia por separado; si alguna parte presenta un potencial significativo de peligro, la sustancia debe irse a un relleno de seguridad. Algunos elementos pueden presentar problemas para la disposición por su reactividad y/o toxicidad, etc.

3. Clasificación de desechos químicos no identificados

Un contenedor sin identificar se debe caracterizar como de tipo general (e.g. hidrocarburo aromático, solvente clorinado, ácido mineral, sal metálica soluble) para que pueda ser eliminado se forma segura.

Si se tiene el caso de una mezcla de reacción, se debe tratar de identificar el área de donde proviene, esto dará una idea de lo que contiene el recipiente. El tamaño del recipiente puede ser muy informativo; un frasco grande lo más seguro es que contiene algo común. Observar si es líquido o sólido, si es viscoso o fluido. Determinar si es ácido o básico con papel pH.

Se debe probar la propiedad de flamabilidad de los desechos colocando 0.1g de la sustancia en un recipiente de porcelana y se le prende fuego. Si la sustancia se quema, se debe observar el tipo de flama que se produce. Se le debe también hacer una prueba de llama con un alambre; los compuestos halogenados producen una llama verde.

Con estos desechos también se debe hacer una prueba de

solubilidad en agua, hidróxido de sodio diluido, ácido clorhídrico diluido y ácido sulfúrico concentrado.

Generalmente los resultados de estos tests proveerán la información suficiente sobre un químico desconocido como para decidir en un método seguro para su disposición.

III. RESULTADOS:

El estudio de la disposición de los desechos se empezó con un inventario de los desechos en bodega. Estos desechos eran los que se habían acumulado durante el período del 27 de abril al 27 de mayo de 1992, es decir durante un mes. Muchos de estos frascos de desecho no estaban identificados, pero se les pudo clasificar entre químicos orgánicos e inorgánicos. En Anexo No. 2, la tabla No.7 se puede observar este inventario. Luego se procedió a analizar los datos obtenidos y se hicieron proyecciones para estimar la cantidad de desechos que se producen en el año. Ver tabla No.1 .

Se hizo además una revisión del listado de materiales utilizados en los laboratorios durante todo el año 1991 (Anexo No.2, tabla No.8). Se analizaron los datos obteniendo los porcentajes de materiales orgánicos e inorgánicos que se debieron haber producido. Ver tabla No. 1.

La cantidad total de desechos estimada por ambos métodos se aproximaban, pero los porcentajes de orgánicos e inorgánicos de los dos estudios no coincidían en lo más mínimo.

Luego de asumir que la cantidad y composición estimada por el recuento de los materiales usados en los laboratorios en el 91, era la más cercana a la real, se procedió a una evaluación de alternativas. De aquí se decidió que se debería diseñar un incinerador para disponer de los compuestos orgánicos inflamables.

Por medio de una aproximación de la composición de los desechos se pudieron calcular parámetros importantes como: la

capacidad del incinerador, el calor de combustión de la mezcla, la masa de gas seco y agua producidos por kilogramo de desecho, la masa de HCl producido por kilogramo de desecho. etc. Ver tablas No. 9, 10 y 11 en Anexo No.2.

A partir de todos los datos recopilados y calculados anteriormente, se hicieron los balances de masa y energía correspondientes (Tablas No. 3, 4 y 5) para determinar las correctas dimensiones del sistema a diseñar. Ver resultados en la Tabla No. 6.

Por otro lado se hizo un investigación bibliográfica para el manejo de los desechos inorgánicos producidos, que proporcionaron abundante información sobre el manejo de desechos de laboratorio, de donde se obtuvieron algunas de las sugerencias que se ponen al final de trabajo.

TABLA #1

RESUMEN DE MATERIALES UTILIZADOS EN 1991
Y PROYECCIONES DEL INVENTARIO DE DESECHOS DEL 27/4 AL 27/5/92

	REAL 1991	PROYECCIÓN 1992
TOTAL DESECHOS ORGÁNICOS	1364.8 L	681 L
PORCENTAJE ORGÁNICOS	77.83 %	38.98 %
TOTAL DESECHOS INORGÁNICOS	388.81 L	1065 L
PORCENTAJE DE INORGÁNICOS	22.17 %	61.02 %
TOTAL DESECHOS	1753.61 L	1746 L

IV. DISCUSIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS:

El presente estudio de la disposición de los desechos se comenzó con un inventario de los materiales que habían en bodega, clasificados como tales. Además de hacer sólo un recuento de lo que se encontraba en bodega, se hicieron muchas observaciones del procedimiento usado para la disposición de los desechos. Se notó que la forma de hacer las cosas hasta el momento ha sido empírica, porque hay limitaciones de equipo. Por eso se cree que el problema del manejo y la disposición adecuada de los desechos de laboratorio es muy importante para la universidad, además de ser complejo, por lo que debe tratarse a fondo. Ya existe un comité de seguridad de laboratorios que está haciendo un esfuerzo por solucionar el problema.

En ingeniería, como en muchos campos, no se tiene una sola solución a un problema dado. Existen muchas alternativas que pueden ser satisfactorias dependiendo de los objetivos, los recursos, los desechos, etc. Es por eso que es muy importante evaluar no sólo varias, sino todas las alternativas para poder escoger la que, para una circunstancia dada, sea la mejor.

Por un lado se sabe que una de las alternativas más importantes a considerar es convertir los desechos a una mínima cantidad. Esta alternativa está en contra de la producción desmesurada de desechos para luego disponer de ellos. La reducción al mínimo busca la reutilización y el reciclado de todos los materiales posibles para que el problema de la disposición de desechos sea insignificante. En el contexto de

TABLA # 2

ALTERNATIVAS PARA LA MINIMIZACIÓN DE LOS DESECHOS
EN LOS LABORATORIOS

TIPO DE DESECHO	ALTERNATIVA
SOLVENTES USADOS	Usar equipo de destilación para su recuperación. Sustituir por solventes menos peligrosos. Considerar usar y comprar menores cantidades.
REACTIVOS SIN USAR	Comprar sólo lo necesario (control de inventario). Sustituir por materiales menos peligrosos. Usar los reactivos más viejos primero. Mantener una lista de reactivos sin usar, a desechar. Usar sólo la cantidad necesaria de reactivo. Hacer sustituciones químicas cuando sea posible. Almacenar en lugar central, bien organizado.
PRODUCTOS DE REACCION Y CONTAMINADOS	Usar la cantidad mínima de reactivo necesaria. Hacer sustituciones químicas. Reducir tamaño de la muestra. Usar técnicas y métodos apropiados. Revisar procedimientos de limpieza de equipo.

la reducción de desechos de los laboratorios, hay muchas medidas que se pueden tomar como las que se describen en la Tabla No. 2 . Se debe tener presente que esta alternativa es más que todo una medida preventiva y no una solución al problema.

Por otro lado, cuando ya se tiene el problema de los desechos y que se debe tratarlos y/o disponer de ellos, también existen muchas posibilidades para hacerlo correctamente.

El manejo adecuado de los mismos involucra una revisión de las opciones que existen para cada tipo de material. Entre las posibilidades que hay, se encuentran: procesos de tratamiento físico (limpieza de gases, separaciones líquido-sólido, mezclar o diluir los desechos, etc.), procesos de tratamiento químico (absorción, oxidación y reducción química, etc.) , procesos de tratamiento biológico y procesos de disposición final. Para nuestro caso específicamente, se necesita implementar uno o varios procesos para la correcta disposición final de los desechos.

Las posibilidades que existen para la disposición final de los desechos son muchas, y no todas son consideradas apropiadas actualmente. Entre ellas: dilución y dispersión, rellenos sanitario y de seguridad, pozo profundo, tirar desechos al océano, encapsulamiento y solidificación e incineración. Cada uno de estos métodos tiene su aplicación y lo primero que hay que hacer es evaluar cuál es más apropiado para el caso que se

está tratando.

La dilución y dispersión de los desechos es hasta ahora un método que se está usando mucho, pero que debe tender a desaparecer, pues supone un buen estudio y seguimiento del sitio final donde cae la dilución para asegurarse que no se está haciendo una seria contaminación al ambiente. Como por lo general se cree que con una simple dilución ya se terminó el problema, se sigue usando el método y se sigue contaminando. A pesar de todo tiene la ventaja para el productor de desechos que él no se debe preocupar más de sus desperdicios.

Tirar los desechos al océano funciona con el mismo principio de la dilución y dispersión, porque se espera que en el océano los desechos se diluyan a tales concentraciones que sean casi imperceptibles. Esta alternativa también tiene su aplicación, pero debe tener un límite hacia lo que se puede disponer en esta forma y sobretodo en qué cantidades. Sin embargo, este método no es recomendado por los conservacionistas porque se está resolviendo el problema de los desechos para la entidad productora pero se está contaminando el océano.

En el caso del problema de la universidad no se podría usar este método porque el costo del transporte de los desechos comparado con la cantidad que se producen no lo haría factible.

Los rellenos sanitarios y de seguridad son áreas en la superficie que se va llenando con capas de desechos y capas de tierra hasta que queda al nivel deseado. La diferencia entre un relleno y otro es el tipo de desecho que se puede poner en cada

uno. En un relleno sanitario se ponen desechos que no se consideran tóxicos; y en uno de seguridad, los tóxicos. Su construcción también varía un poco debido a la naturaleza de producto que contienen. La aplicación de estos rellenos es extensa. Los rellenos de seguridad se aplican para compuestos orgánicos e inorgánicos y podrían ser una buena alternativa para resolver el problema de la Universidad.

El pozo profundo consiste en un agujero en la tierra recubierto de concreto en donde se pueden colocar los desechos. La ventaja de este método es que ocupa muy poca área superficial. La desventaja, por la que su uso ha sido casi discontinuado, es que al haber un movimiento telúrico éste se puede quebrar y los desechos contaminarían el subsuelo. En Guatemala hay muchos temblores, por lo que el uso de un pozo profundo es totalmente inaceptable.

El encapsulamiento y la solidificación consiste en mezclar los desechos o encapsularlos dentro de un sólido inerte. Este procedimiento deja a los desechos tóxicos inactivos. Luego se puede disponer de ellos en un relleno (de seguridad o sanitario dependiendo de la naturaleza del desecho). Para el encapsulamiento y/o solidificación hay varias alternativas de materiales a usar: plásticos, cemento, arena, etc. Este método no funciona muy bien cuando se trata de disponer algunos orgánicos, pues éstos interfieren con el proceso de curación del inerte; pero es una buena alternativa cuando se trata de disponer químicos inorgánicos.

La incineración de los desechos inflamables es otra de las alternativas a considerar. Tiene la ventaja de reducir el volumen de desecho al mínimo y si deja algún residuo éste es estéril. Además se puede hacer a cualquier escala y las descargas al aire pueden ser efectivamente controladas para que tengan un impacto mínimo en el ambiente. La desventaja es que no todos los materiales son incinerables y algunos necesitan combustible extra para su destrucción efectiva. Dentro de la categoría de incineración se tienen muchas alternativas. Una de ellas es la incineración de los desechos al aire libre, cuyo procedimiento se puede aplicar en cualquier parte, ya que tiene la ventaja que no necesita equipo especializado, pero tiene más riesgo que una incineración controlada con equipo adecuado. Esta alternativa es la que la universidad está usando actualmente, pero tiene los inconvenientes de falta de control del exhausto de gases y la seguridad del personal.

Los equipos de incineración que se usan son muy variados, además que se puede tratar los gases efluentes o descargarlos directamente al ambiente.

Hay muchas alternativas para la disposición de los desechos y alguna combinación de todos los métodos posiblemente den una buena respuesta a la problemática que se tiene en la universidad.

De la evaluación de los métodos anteriores se decide considerar un incinerador como alternativa para resolver el problema de los desechos orgánicos que se producen en los

laboratorios. El incinerador debe cumplir con las normas establecidas para la combustión de materiales tóxicos, ya que muchos de los desechos producidos en nuestros laboratorios son tóxicos. Además debido a que no se sabe exactamente el contenido total de la mezcla de éstos, se debe tratar todo como si fuera altamente tóxico. Es por esto que para el diseño se siguen las normas dictadas por el "Toxic Substances Control Act" para la incineración de sustancias tóxicas:

- Combustión a 1200°C con 2 segundos de tiempo de retención y 3% de oxígeno de exceso en los gases de exhausto o 1600°C con 1.5 segundos de tiempo de retención y 2% exceso de oxígeno en el exhausto.

- Una eficiencia de combustión de 99.5 %.

- La alimentación de desechos y la temperatura deben ser monitoreados continuamente.

- Se deben revisar los valores de concentración de oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, ácido clorhídrico, orgánicos clorinados, partículas sólidas.

- Se deben usar "scrubbers" o un equipo de limpieza de gases equivalente para controlar las emisiones de HCl en los gases de exhausto. El agua efluente del scrubber debe ser dispuesta de una forma adecuada.

Siguiendo los parámetros anteriores se hizo el proceso de selección y diseño del incinerador:

Para la cantidad estimada de desechos orgánicos producidos al año (1,121.41 Kg/año), se diseñó un incinerador con una capacidad de 15 Kg/h para que funcione durante 75 h/año. Se escogió la capacidad mínima para ese tipo de incinerador, porque el tiempo de operación durante el año es muy bajo. Con una capacidad baja no será tanto el recurso desperdiciado durante el tiempo que esté sin operar. Es muy importante mencionar que como los cálculos están basados en una aproximación, lo más probable es que a la hora de construir el incinerador, el tiempo de operación varíe según la disminución o crecimiento del volumen de desechos orgánicos. No se recomienda disminuir la capacidad del mismo, pues está diseñado prácticamente para la mínima capacidad de ese tipo de incinerador.

Se asumió que la composición de los desechos era igual a los porcentajes de composición del total de los materiales orgánicos que salieron de bodega durante 1991. Se sabe que esta aproximación es bastante inexacta, pero era la única información que se tenía sobre el contenido de los desechos, pues como ya se dijo anteriormente, muchos de los frascos de residuos llegan sin identificación alguna a la bodega de almacenamiento. Con estos datos aproximados sobre la composición de los mismos se pudo calcular el calor de combustión y la masa de gas seco y agua por Kg. de desecho para la mezcla en cuestión. (Ver tablas No.9 y 10 en el anexo No.2).

En la Tabla No.5 se pueden observar los resultados de los

cálculos obtenidos. Se escogió un incinerador para destrucción de líquidos del tipo de no-torbellino, vertical, en forma de cilindro, cuyas dimensiones son: 1.45 m alto por .60m de diámetro interno; este tipo de incinerador tiene un quemador montado a los lados a lo largo del radio.(Ver fig.1 en siguiente página). Su construcción es relativamente económica y para su funcionamiento no requerirá combustible más que el necesario para calentarlo; además requiere una mínima presión de aire de combustión (3 psig). Este incinerador deberá operar a 1600 ° C. y tendrá un tiempo de retención de 1.5 segundos.

En este tipo de horno se usa el aire de combustión primaria, que es el flujo de aire que se supe en el quemador para incinerar el desecho. Este flujo de aire normalmente está distribuido alrededor del quemador. También es necesario un aire secundario, que es introducido a lo largo del cuerpo del horno. Normalmente el aire secundario no es sólo aire de combustión, sino que ayuda a crear turbulencia adentro del horno y a proveer un flujo relativamente frío dentro de la superficie refractaria, manteniéndola a una temperatura más baja que el centro del incinerador. Los flujos de aire primarios y secundarios se deben introducir de una manera que ayude a la atomización del combustible y a prevenir que cualquier material no consumido se pegue a las paredes de la cámara. Este incinerador libera calor a una razón de 270,000 Kcal/m³-h, y para asegurarse un combustión adecuada se requiere de un exceso de aire del 5 al 30 %. En nuestro caso se diseñó

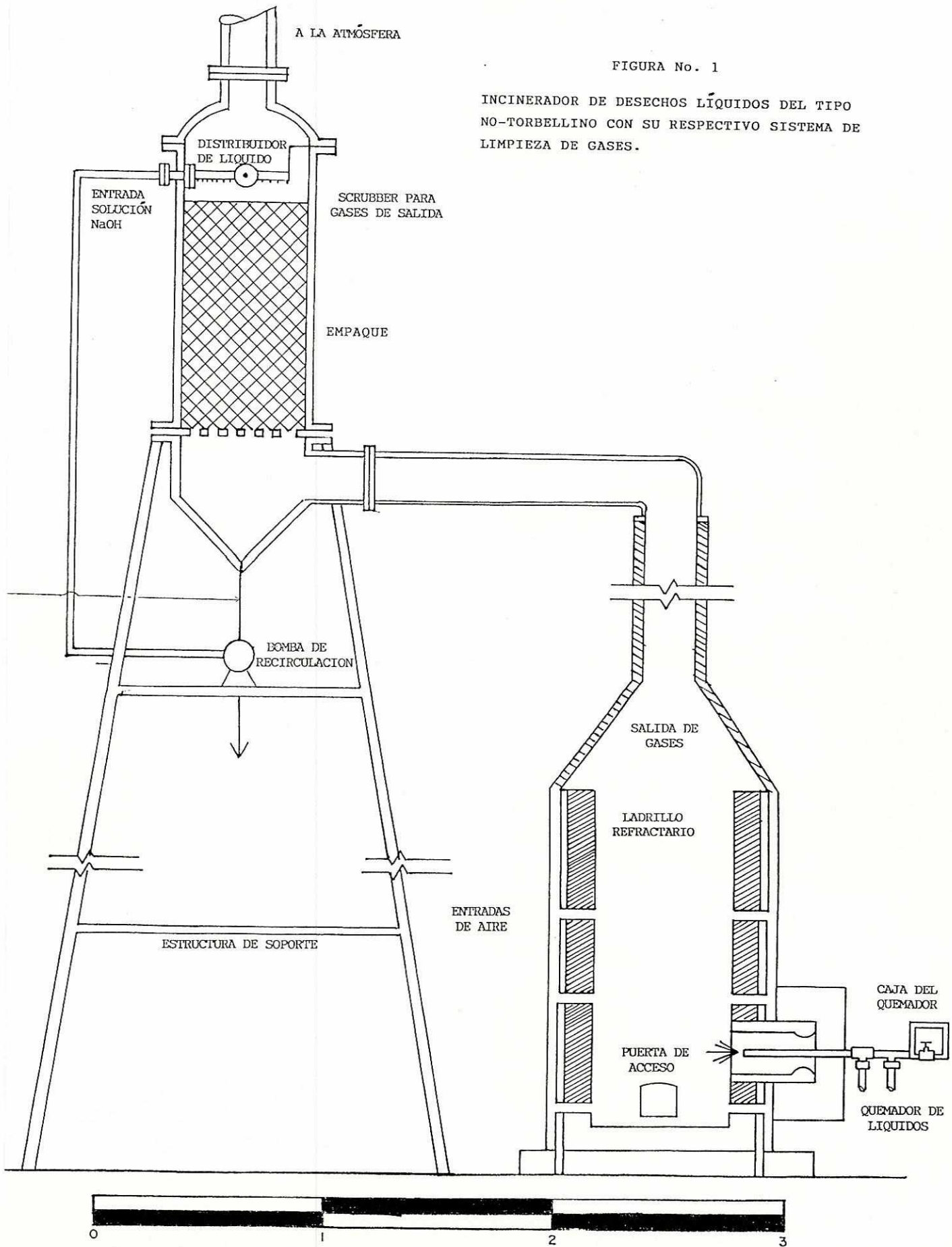
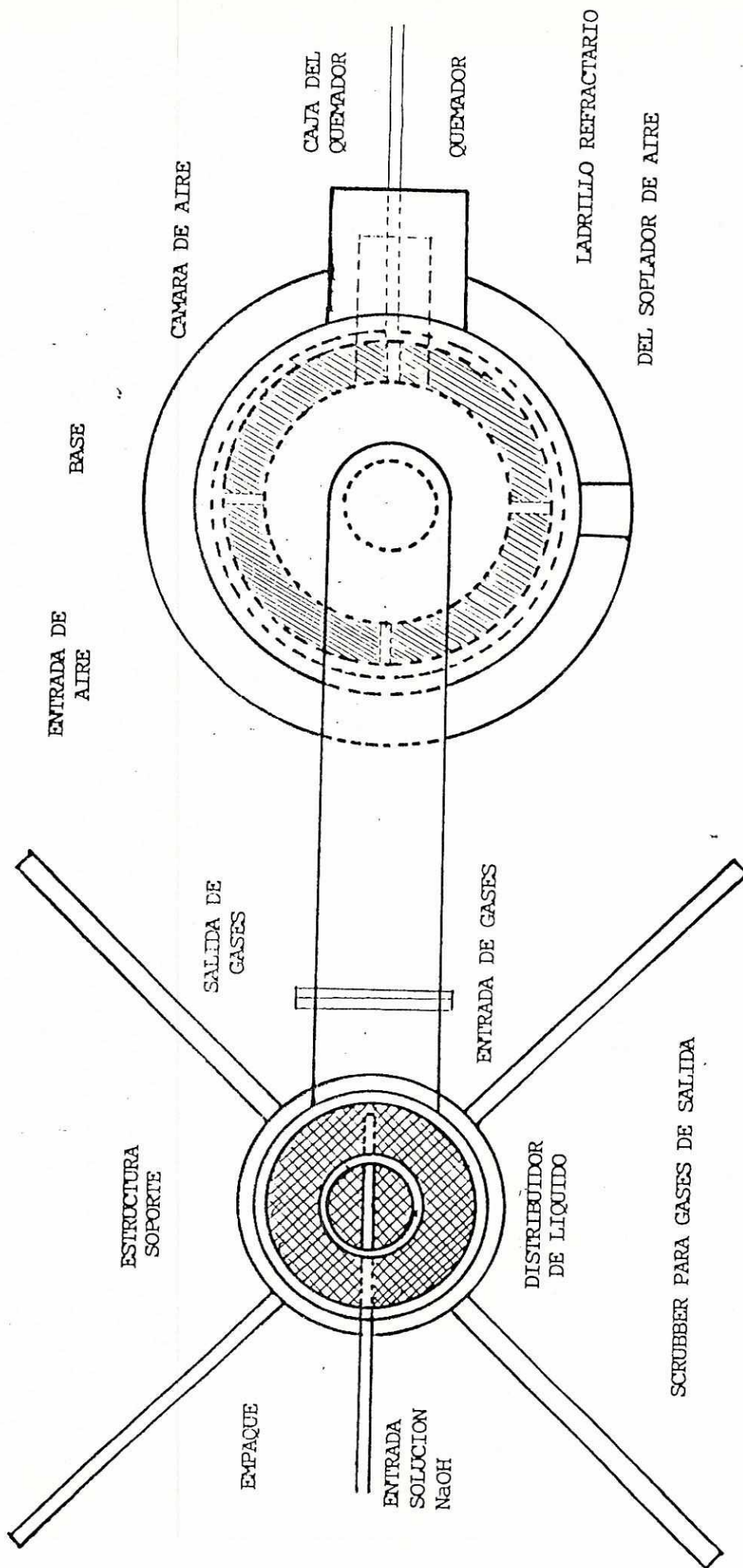


FIGURA 1.a.

VISTA DE PLANIA DEL INCINERADOR PARA DESECHOS LIQUIDOS CON SU SISTEMA DE LIMPIEZA DE GASES.

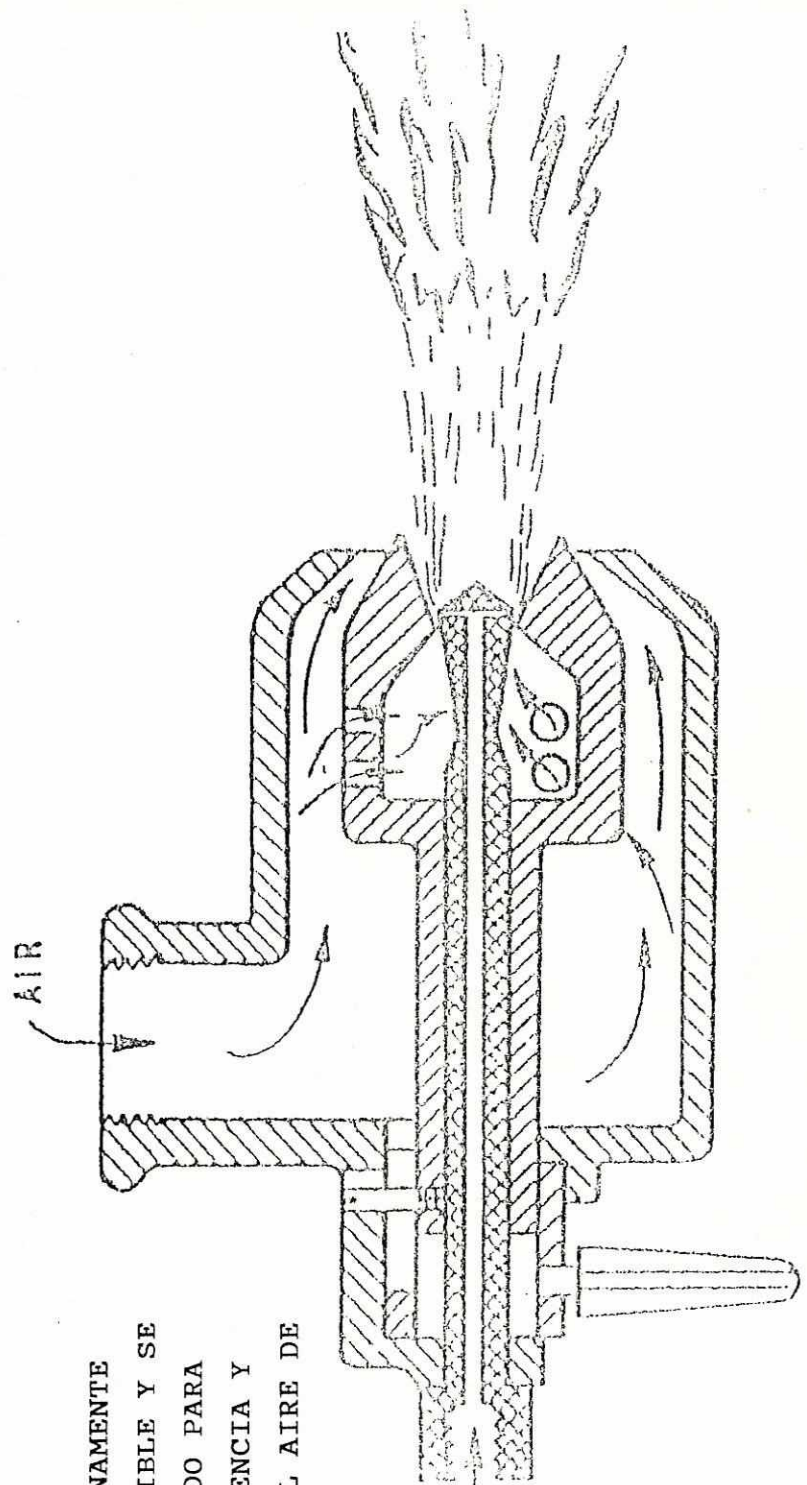


ESCALA GRAFICA

FIGURA No. 2

QUEMADOR ATOMIZADOR DE BAJA PRESION DE AIRE EXTERNA

EL AIRE SE INYECTA EXTERNAMENTE A LA BOQUILLA DE COMBUSTIBLE Y SE DIRIGE AL FLUJO DE LIQUIDO PARA PRODUCIR UNA ALTA TURBULENCIA Y ATOMIZACION EFECTIVA. EL AIRE DE COMBUSTION SECUNDARIO SE PROVEE ALREDEDOR DE LA PERIFERIA DE LA MEZCLA DE LIQUIDO ATOMIZADO.



el incinerador para un exceso de aire de un 26 %.

El diseño incluye la selección del material de construcción, por lo que se procedió a investigar los diferentes tipos de materiales refractarios obtenibles en plaza. Se seleccionó un ladrillo refractario de tamaño estándar, con 43 % de alúmina (de alta resistencia), que tolera hasta 1650 ° C. El horno tendrá una cubierta de lámina de acero inoxidable 316. En la cámara de combustión se deben tener por los menos seis boquillas para la entrada de aire secundario.

El quemador del incinerador será un atomizador de baja presión de aire externa. (Ver fig. 2.) Con este tipo de quemador, el aire se inyecta externamente a la boquilla del desecho y se dirige al flujo de líquido para producir turbulencia y una atomización efectiva. La mayor porción del requerimiento de aire de combustión se provee a una presión de 3 psig cerca de la punta del quemador; la presión del líquido necesaria para operación es menos de 1.5 psig. La llama es relativamente corta por la gran cantidad de aire que se provee en el quemador; esta llama corta permite el diseño de una pequeña cámara de combustión. Este quemador normalmente opera en un espectro amplio de viscosidades y puede manejar concentraciones de sólidos en el líquido hasta un 30 %. Esta característica es especialmente importante en este caso, ya que debido a la variación de composición de los desechos seguramente se tendrán variaciones de viscosidad y porcentaje de sólidos contenidos.

El sistema de control de este incinerador deberá ser de

acción retroactiva, y deberá tener un pirómetro de radiación que al bajar la temperatura de 1600^o C emita una señal correctiva a las válvulas que controlan el flujo de desechos. Se deberán controlar también las emisiones de los distintos gases en la salida.

Según las especificaciones de un incinerador para materiales tóxicos, al operar a la temperatura de 1600^oC, se debe tener un exceso de oxígeno mínimo de 2% en los gases de salida. Para este incinerador se especifica un porcentaje de 4.7 que está sobre el mínimo, por lo que se asegura que habrá suficiente oxígeno para que se lleve a cabo la reacción. La generación de óxidos de nitrógeno puede llegar a ser hasta un máximo de 4000 Kg de NO_x al año (según Toxic Substances Control Act), ya que una emisión mayor de este límite se considera contaminante del medio ambiente; en este diseño solo se emitirán 38 Kg. al año de esos compuestos. La emisión de monóxido de carbono máxima permisible anual es de 100 Ton y con este diseño se estarán emitiendo 6.98 Kg al año, lo cual es despreciable. La emisión máxima permisible de ácido clorhídrico es de 1.82 Kg/h y en este incinerador es de 1.78 Kg/h de HCl.

Para la limpieza de los gases se necesita un "scrubber", que será una torre empacada en la que se espera que tenga una caída de presión de 5 " de agua para tener una eficiencia aproximada de 95 %. En este "scrubber" se tendrá un flujo de 1429 Kg/h de solución de NaOH 0.5% y una recirculación de 17.31 L/min. En la tabla No. 5 se muestran las necesidades de bomba

y ventilador para el funcionamiento del sistema. La torre empacada deberá tener un diámetro aproximado de 0.55m y una altura de empaque de 1m. La experiencia muestra que para estos flujos con sólo un metro de empaque es suficiente para que haya una buena transferencia de masa. La torre deberá ser fabricada con fibra de vidrio y el empaque será con anillos de aluminio colocados al azar. El aluminio y la fibra de vidrio resistirán las temperaturas altas a las que se estará trabajando. El empaque de aluminio se puede sustituir, como una segunda alternativa, por anillos de CPVC. La solución de NaOH que estará circulando deberá tener un pH aproximado de 14. Cuando esta solución llegue a un pH de 7.5, se deberá retirar y reponer por otra. Los efluentes provenientes del "scrubber" deberán ser desechados en el drenaje.

En la fig. 1 se muestra un diagrama del sistema completo. El "scrubber" tendrá que estar en alto por medio de una estructura que lo soporte. La salida de gases del "scrubber" debe que estar a una altura de 2.5 veces que la del edificio más cercano.

Alternativa para los compuestos inorgánicos

Los compuestos inorgánicos que se producen en los laboratorios deberán ser neutralizados o convertidos a un estado en el que no presenten determinado peligro (precipitados). Algunos compuestos con ciertos aniones o cationes presentan un bajo nivel de toxicidad, estos se pueden ver en las columnas

derechas de las tablas No. 16 y No.17 del Anexo No.2. Si se mezclan con un sólido inerte adecuado se pueden poner en un relleno sanitario. También hay compuestos con aniones o cationes tóxicos como los de las columnas izquierdas de las tablas No.16 y No.17 del Anexo No.2 que se deben pretratar (en el Anexo No.4 se presentan algunos procedimientos para tratar los inorgánicos) y luego depositar en un relleno de seguridad. Por eso se decidió que es mejor disponer de todo en un relleno de seguridad.

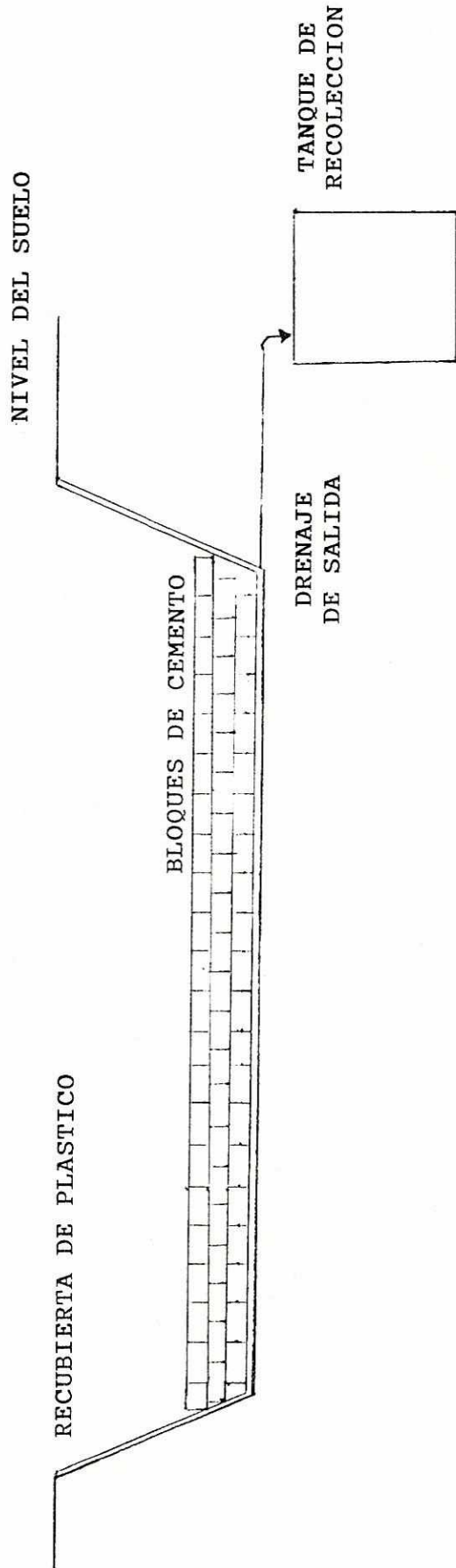
La idea de mezclar los inorgánicos con cemento es muy buena, pues ciertamente es un sólido bastante inerte, por lo que se debe continuar haciéndolo.

Se cree que el diseño de un relleno de seguridad específico para los bloques de cemento es una buena alternativa. En la fig. 3, Pag. 30, se muestra un diagrama de lo que podría ser el relleno de seguridad. Tendrá que ser una excavación recubierta de plástico. Posiblemente una capa de 3mm. de polietileno negro de alta densidad. Se deberá tener, además, un sistema de drenaje que recolectará el agua de lluvia. Esta agua se debe llevar a un tanque de recolección para su respectivo monitoreo. Se debe monitorear el agua periódicamente, en época seca 1 vez al mes y en época de lluvia 2 veces por semana. Si no tiene algún contaminante se puede dispersar como agua de lluvia; si llegara a tener contaminantes se deberán tomar las medidas adecuadas en el momento.

El monitoreo del agua podrá ser parte de alguna práctica

FIGURA No. 3

DIAGRAMA DEL RELLENO PARA BLOQUES DE CEMENTO



de laboratorio de los estudiantes. Esto será muy educativo y el estudiante participará en el control del relleno de seguridad.

Para que las alternativas que se escogieron anteriormente funcionen, se requiere que haya un seguimiento de las mismas. Pero además se necesitan otros elementos que no dependen del diseño, sino de los objetivos que tenga la universidad. Se requiere que:

- Exista un programa definido de la universidad para la disposición de desechos.

- Tener un propósito por parte de los ejecutivos de la universidad para mantener los principios y las prácticas del programa de disposición de desechos.

- Exista una persona responsable de llevar a cabo el programa.

- Se establezca una política dirigida a la reducción del volumen de los desechos en los laboratorios.

El éxito del programa depende finalmente de la colaboración que se logre de parte de los que trabajan en los laboratorios (estudiantes, auxiliares, asistentes de bodega, etc.). Esta, a su vez, va a estar condicionada a lo que perciban del propósito de los ejecutivos. Es por esto que el soporte y el interés al programa debe promoverse a todo nivel. Deberá hacerse un trabajo en equipo de los supervisores de laboratorio, personal de laboratorio y bodega, profesores, comité de

seguridad, que deberá formar un comité para la disposición adecuada de desechos. Ellos serán los encargados de confeccionar el programa para el manejo, la minimización y la disposición adecuada de desechos.

El programa estará hecho a la medida del laboratorio. Se deben escribir las reglas y procedimientos que cubran todas las fases del manejo de los desechos, desde su generación hasta su disposición final. El documento describirá las responsabilidades y obligaciones de todos los involucrados en el sistema. Se dará una copia de este manual a cada persona que trabaje en el laboratorio. Se establecerán responsabilidades para las distintas fases del manejo de los desechos. Si esto no se hace, el programa podrá estar muy bien escrito, pero nadie lo llevará a cabo.

La idea de reducir el volumen de los desechos y/o reutilizarlos será también una parte fuerte del programa. Se reforzará que la minimización de los desechos es de igual importancia que la disposición misma.

Todo el programa de disposición de desechos y su minimización sugiere un gran esfuerzo de parte del comité encargado. Esto es porque la aceptación del programa requiere un cambio de actitud y comportamiento para toda la comunidad de la universidad. La idea del programa se debe "Vender" como cualquier otro producto. El programa de disposición y reducción de desechos debe atraer a las personas (estudiantes, profesores, personal

de laboratorio y bodega, etc.) haciéndolo creíble a sus ojos . Un programa de este tipo se debe enfocar principalmente en las necesidades de los usuarios del laboratorio en vez de la reducción en sí de los desechos. El secreto del programa es definir los beneficios que tendrá para los usuarios y crear programas mas específicos que los harán elegir este concepto en vez de otro.

Cuando un usuario ya aceptó la idea de la reducción de desechos, lo más importante es desarrollar métodos para mantenerlos interesados. Esto puede requerir distintas estrategias de las que se usaron para captar su atención inicialmente.

Como ya se dijo, el programa para el manejo y la reducción de los desechos debe ser el producto del esfuerzo en conjunto de mucha gente que debe estar realmente convencida de los beneficios del mismo. En el anexo No.3 se hacen algunas sugerencias para el manejo de los desechos en el laboratorio. Sin embargo, estas medidas no resuelven todo el problema, sino son sólo un parte de lo que deberá ser todo el programa.

Actualmente en la universidad el "Comité de Seguridad de Laboratorios" ha estado trabajando en el complejo problema de la disposición de los desechos. Por varios años ellos han hecho instructivos sobre manejo de materiales de desecho y prevención de accidentes en los laboratorios, etc.. También se han encargado de buscar literatura para que esté al alcance de todos en la biblioteca. En el Anexo No.5 se pueden ver algunos boletines que han hecho circular a catedráticos, instructores,

supervisores y alumnos. Dicho comité está bien encaminado en cuanto al desarrollo de todo el programa que se discute con anterioridad, sin embargo no ha contado con mucha respuesta por parte de la gente de la universidad en general. Es por eso se pretende que este trabajo les sirva como ayuda para el cumplimiento de su misión.

TABLA #3
BALANCE DE MASA

ALIMENTACIÓN, Kg/h	15.00
VOLÁTILES, Kg/h	15.00
CALOR COMB., Kcal/Kg	6,626.09
Kcal/h	99391.35
GAS SECO, Kg/1000Kcal	1.18
Kg/h	117.68
AGUA COMB., Kg/1000Kcal	0.13
Kg/h	13.12
GS + AGUA COMB, Kg/h	130.80
100% AIRE, Kg/h	115.80
FRACCIÓN AIRE TOTAL	1.26
AIRE TOTAL, Kg/h	145.91
AIRE EXCESO, Kg/h	30.11
HUMEDAD/GS, Kg/Kg	0.01
HUMEDAD, Kg/h	1.75
AGUA TOTAL, Kg/h	14.87
TOTAL GS, Kg/h	147.79

TABLA #4
BALANCE DE ENERGÍA

RADIACIÓN, %	3
Kcal/h	2,981.7
HUMEDAD, Kg/h	1.75
(*540Kcal/Kg), Kcal/h	945.48
PÉRDIDA TOTAL, Kcal/h	2,036.26
ENTRADA, Kcal/h	99391.35
SALIDA, Kcal/h	97355.09
GAS SECO, Kg/h	147.79
AGUA, Kg/h	14.87
TEMPERATURA, C	1,603.8
REFERENCIA, t, C	15.6

TABLA #5
DESCARGA DE GASES

ENTRADA, C	1,603.77
GAS SECO, Kg/h	147.79
CALOR, Kcal/h	97355.09
Kcal/Kg GS	658.75
t ADIABÁTICA, C	86.70
AGUA SAT, Kg/Kg GS	0.979
Kg/h	144.68
AGUA MOJADO, Kg/h	129.81
L/min	2.16
SALIDA, t, C	50
AGUA ENTRADA, t, C	25
DIF DE TEMP, C	61.70
SALIDA, Kcal/Kg	61.90
Kcal/h	9,147.8
REQ. ENFRIAR, Kcal/h	88207.25
AGUA, Kg/h	1,429.62
L/min	23.83
SALIDA, m3/Kg GS	1.029
m3/h	152.05
m3/min	2.53
PRESN VENTILADOR, cm CA	13
SALIDA REAL, m3/min	2.57
SALIDA, Kg H2O/Kg GS	0.08128
H2O, Kg/h	12.01
RECIRC. IDEAL, L/min	2.16
RECIRC. REAL	17.31
AGUA ENFRIAM, L/min	23.83

TABLA # 6

RESULTADOS DE CALCULOS PARA EL
DISEÑO DE UN INCINERADOR

CAPACIDAD	15 Kg/h
TEMPERATURA OPERACION	1603.8 °C
TIEMPO DE RESIDENCIA	1.5 s
DIMENSIONES: DIAMETRO i	0.6 m
ALTURA i	1.3 m
DIAMETRO e	1.01 m
ALTURA e	1.53 m
ESPESOR LADRILLO REFRACTARI	9 "
PORCENTAJE O ₂ EN AIRE SALID	4.7 %
EMISION DE NO _x	38 Kg/año
EMISION DE CO	6.98 Kg/año
EMISION DE HCl	1.78 Kg/h
EFICIENCIA DE COMBUSTION	99.7 %
VENTILADOR AIRE COMB.	0.01 HP
VENTILADOR CORR. INDUCIDA	1.5 HP
BOMBA DE RECIRCULACION	0.01 HP
AGUA DE DRENAJE DE SCRUBBER	1427.18 Kg/h

V. CONCLUSIONES:

A. La disposición adecuada de los desechos de cualquier tipo en un macrosistema es muy importante, pues la conservación o la contaminación del ambiente está de por medio, y todo depende de la forma en que se disponga de los mismos.

B. En un microsistema universitario, donde además de producir los desechos de laboratorio, que podrían ser tóxicos, existe también la preocupación de la educación de los estudiantes como prevención de los problemas de contaminación que existan en un ambiente; además, es muy importante establecer un programa definido para el manejo y disposición de los desechos. La Universidad del Valle cuenta ya con un comité encargado de producir dicho programa.

C. Hasta el momento algunos de los procedimientos utilizados por el laboratorio de la Universidad del Valle para la disposición de sus desechos son inapropiados, pues se está contaminando el ambiente, y no existe un plan definido para todo el proceso, con lo que se pone en riesgo al personal y a los estudiantes.

D. El estudio del manejo y disposición de los desechos de laboratorio de la Universidad concluyó que uno de los instrumentos muy necesarios para disponer de los mismos es un incinerador, que además de manejar múltiples compuestos orgánicos, sea económico y fácil de instalar.

E. El incinerador que se diseñó, para el tipo y cantidad de desechos, es uno para quemar líquidos del tipo de notorbellino, vertical, construido de ladrillo refractario de

alto rendimiento, con una capacidad de 15Kg/h de desecho y un tiempo de operación de 75 h/año. Tendrá una temperatura de operación de 1600 °C y un tiempo de residencia de 1.5s, consumirá combustible sólo para el arranque.

F. El sistema de limpieza de gases deberá consistir en un "scrubber", que será una torre empacada de 0.55m de diámetro y una altura de empaque de 1 m. La solución de NaOH al 0.5 % en el scrubber se deberá recircular hasta que su pH baje a 7.5, cuando deberá colocarse en el desagüe.

G. Es necesario que se sigan haciendo bloques de cemento con los inorgánicos previamente neutralizados o precipitados. Para los bloques se deberá hacer un relleno de seguridad con una recubierta de plástico. Deberá monitorearse el agua de lavado periódicamente.

H. El equipo e instalaciones que se implementen para este proyecto deberá utilizarse para educación de los alumnos de la universidad.

VII. RECOMENDACIONES:

A. Se sugiere a las autoridades de la Universidad del Valle que se le de mas apoyo al Comité de Seguridad de Laboratorios para que se les facilite crear un plan general para el manejo y disposición de los desechos de toda la universidad incluyendo los laboratorios.

B. Un programa de tal categoría debe ser apropiadamente reglamentado, promovido y diseminado, tanto a los estudiantes como al personal administrativo involucrado en el mismo.

C. Dentro de este programa se debe implementar toda la información e infraestructura necesaria para la correcta aplicación de los procedimientos escogidos para el éxito del mismo.

D. Crear, como parte del plan general, un sistema específico reglamentado para la disposición de los desechos de los todos los laboratorios de la universidad no sólo para los que se usan con fin académico, sino también para los que se usan con fin de investigación.

E. Construir y poner a operar el incinerador y el sistema de control de polución que aquí se diseña, para la combustión de los desechos líquidos orgánicos producidos en los laboratorios.

F. Seguir haciendo bloques de cemento con los químicos inorgánicos de desecho. Construir y poner en práctica el

relleno de seguridad para la disposición de los bloques de cemento.

G. Utilizar las instalaciones para fines educativos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA:

1. Brunner, C. 1984. Incineration Systems, Selection and Design. Incinerator Consultants Incorporated, USA. 417pp.
2. Brunner, C. "Incineration: Today's Hot Option For Waste Disposal". Chem. Eng., Oct. 12, 1987, pp96-106.
3. Conner, Jesse R. "Fixation and Solidification of wastes" Chem Eng, NOV. 10th, 1986.
4. Corey, R. 1969. Principles and Practices of Incineration. Wiley Interscience, New York. 295pp.
5. Duvel, William A , "Solid Waste Disposal: Landfilling" Chem Eng, July 2nd, 1979.
6. Freeman, Harry. 1990. Hazardous Waste Minimization. McGraw Hill, USA. 343 pp.
7. Hitchcock, David. "Solid waste disposal: Incineration" Chem Eng, May 21st, 1979.
8. Kern, D. 1987. Procesos de Transferencia de Calor. Editorial CECSA, Mexico. 980pp.
9. Lenga, Robert, 1988. The Sigma-Aldrich Library of Chemical Safety Data, 2nd edition. Sigma-Aldrich Co. USA.
10. Mackie, J.A. and K. Niesen. "Hazardous-Waste Management: The Alternatives". Chem. Eng., Aug. 6, 1984, pp 50-6
11. Mc Gowan, T. and R. Ross. " Hazardous Waste Incineration" Chem. Eng., Oct., 1991, pp 114-123.
12. National Academy Press. 1983. " Prudent Practices for Disposal of Chemicals From Laboratories". Washington, USA. 282 pp.
13. Perry, R. y D. Green. 1984. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th ed. McGraw-Hill. USA
14. Pitt, M. y E. Pitt. 1985. "Handbook of Laboratory Waste Disposal". Ellis Horwood Ltd., England. 360 pp.
15. Pojasek, Robert B. "Solid waste disposal: Solidification." Chem Eng, Aug 13, 1979.
16. Rubel, Fred. 1974. Incineration of solid wastes, Noyes Data Corporation, New Jersey, England, 246 pp.
17. Smith, J & H. Van Ness. 1980. Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química. McGraw-Hill, México. 668 pp

18. The Mc Graw Hill Standard Handbook of Environmental Engineering. 1983. Mc Graw-Hill, USA. pp 9.41-9.42
19. Tablas de Vapor. 1970. Representaciones y servicios de Ingeniería, México. 146pp.
20. The Merck Index. 10th ed. 1983, Merck and Company Incorporated. USA.
21. Velzy, C. & C. Velzy. 1984. Incineración. Manual del Ingeniero Mecánico. McGraw-Hill. Mexico. 7.53 - 7.59
22. Walas, S. 1990. Chemical Process Equipment Selection and Design. Butterworth-Heinemann, USA. 755 pp.

ANEXOS

ANEXO No.1
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA
DE INCINERACIÓN

A) CAPACIDAD

La capacidad del incinerador se determinó al hacer una estimación de la cantidad de material que egresó de bodega en el año 1991. A partir de esto se calculó el porcentaje de productos orgánicos, luego tomando ese dato como una aproximación de la cantidad de desechos producidos en ese año se le restó un porcentaje (10%) por pérdidas por evaporación. Ver tabla No.9. Se asume una razón de alimentación de 15 kg/h.

B) COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Se asume una composición aproximada de los desechos según los porcentajes de las sustancias sobre la cantidad de orgánicos totales egresados de bodega. Ver tabla No.9.

C) CALOR TEÓRICO DE COMBUSTIÓN

Se determinó el calor teórico de combustión de la mezcla de la siguiente forma:

- Se obtuvo la ecuación de reacción balanceada estequiométrica-mente para los componentes principales de la mezcla.

- De las referencias #1,13 y 17 se obtuvieron datos de calor de formación de los compuestos con los que fue posible calcular el calor de combustión para cada uno.

- Se hizo un promedio ponderado de los calores de combustión para obtener el de la mezcla de desechos.

- El calor de combustión es de -6,626.09 Kcal/Kg.(ver tabla No. 10)

Nota: Las correcciones de pérdidas se aplican en el balance de energía.

D) Kg de gas seco/Kg de desecho y Kg de agua/Kg de desecho

Estas razones se determinaron a partir de un promedio ponderado de las mismas para cada compuesto. Ver tabla No.11. Las razones son:

7.8438 Kg gas seco/Kg desecho, 0.8754 Kg gas seco/Kg desecho

E) TAMAÑO MÍNIMO DEL INCINERADOR

Se escoge un incinerador de líquidos, vertical del tipo de no-torbellino con quemador-atomizador de baja presión externa. Estos incineradores tienen típicamente un calor liberado de 180,000 - 270,000 Kcal/m³h. El tamaño mínimo del incinerador se calcula:

$$15 \text{ Kg/h} * 6626.09 \text{ Kcal/Kg} = 99391.35 \text{ Kcal/h}$$

$$\frac{99391.35 \text{ Kcal/h}}{270000 \text{ Kcal/m}^3\text{h}} = 0.368 \text{ m}^3$$

Para un diámetro de 0.60 m se requiere una altura de :

$$\text{área transversal: } \frac{\pi}{4} (.60)^2 = 0.283 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura: } \frac{0.368 \text{ m}^3}{0.283 \text{ m}^2} = 1.30 \text{ m}$$

F) ESPESOR DE PARED

El ladrillo refractario se seleccionará en base a que se tiene una temperatura interna de 1600°C y una externa de 180°C. Usando una superficie externa de acero, con una conducción vertical, de la gráfica de resistencia Fig. 4, se extrapola y se calcula el grosor de pared:

$$R = \frac{X}{K} = 3.0 \text{ h-ft}^2\text{-F/BTU} = .6144 \text{ h-m}^2\text{-C/Kcal}$$

Si $K = 2.4 \text{ BTU-in/h-ft}^2\text{-C}$

$$X = RK = 3.0 * 2.4 = 7.2" \sim 9"$$

G) BALANCE DE MASA

Ver. tabla No.2.

- Alimentación - Volátiles: 15 Kg/h
- Calor de combustión:
 $6,626.09 \text{ Kcal/Kg} * 15 \text{ Kg/h} = 99391.4 \text{ Kcal/h}$
- Gas seco(GS):
 $7.8438 \text{ Kg GS/Kg} / 6,626.09 \text{ Kcal/Kg} = 1.18 \text{ Kg/1000Kcal}$
 $1.18 \text{ Kg/1000 Kcal} * 99391.4 \text{ Kcal/h} = 117.68 \text{ Kg/h}$
- Agua de combustión:
 $0.8754 \text{ Kg H}_2\text{O/Kg} / 6,626.09 \text{ Kcal/h} = 0.13 \text{ Kg/1000 Kcal}$
 $0.13 \text{ Kg/1000Kcal} * 99391.4 \text{ Kcal/h} = 13.12\text{Kg/h}$
- Gas seco + agua de combustión:
 $117.68 \text{ Kg/h} + 13.12 \text{ Kg/h} = 130.80 \text{ Kg/h}$
- 100% aire:
 $130.80\text{Kg/h} - 15 \text{ Kg/h} = 115.80 \text{ Kg/h}$
- Fracción aire total: 1.26
- Aire total:
 $115.80 \text{ Kg/h} * 1.26 = 145.91 \text{ Kg/h}$
- Aire en exceso:
 $145.91 \text{ Kg/h} - 115.80 \text{ Kg/h} = 30.11 \text{ Kg/h}$
- Humedad/GS: 0.01 Kg H₂O/Kg aire (INSIVUMEH,1992)
- Humedad:
 $0.01 \text{ Kg H}_2\text{O/Kg aire} * 145.91 \text{ Kg/h} = 1.75 \text{ Kg/h}$
- Agua total:
 $13.12 \text{ Kg/h} + 1.75 \text{ Kg/h} = 14.87 \text{ Kg/h}$
- Total gas seco:
 $117.68 \text{ Kg/h} + 30.11 \text{ Kg/h} = 147.79 \text{ Kg/h}$

H) BALANCE DE ENERGÍA

Ver tabla No. 3

- Radiación: 3%
 $0.03 * 99391.4 \text{ Kcal/h} = 2981.7$
- Corrección por humedad:
 $1.75 \text{ kg/h} * 540 \text{ Kcal/Kg} = 945.48 \text{ Kcal/h}$
- Perdida Total:
 $2981.7 \text{ Kcal/h} - 945.48 \text{ Kcal/h} = 2036.26 \text{ Kcal/h}$

- Se requiere enfriar:
 $99391.35 - 9147.8 = 88207.24 \text{ Kcal/h}$
- Agua enfriamiento:
 $W=Q/cT = 88207.24/1/61.7 = 1429.62 \text{ Kg/h}$
 $1429.62/60 * 1 = 23.83 \text{ L/min}$
- Volumen de Salida:
 De la tabla No.13 se encuentra el volumen específico del gas a la temperatura de salida 50°C : 1.029 m³/Kg GS
 $1.029 * 147.79 = 152.05 \text{ m}^3/\text{h}$
 $152.05/60 = 2.53 \text{ m}^3/\text{min}$
- Presión del ventilador : 13 cm H₂O
- Salida real: corrección por expansión en la succión
 $2.53 * 1033.78 / (1033 - 40) = 2.64 \text{ m}^3/\text{min}$
- Salida de agua:
 De la tabla No.13 se obtiene la humedad de saturación correspondiente a los 50°C de salida:
 0.08128 KgH₂O/KgGS
- Agua total de salida:
 $0.08128 * 147.77 = 12.01 \text{ Kg/h}$
- Recirculación ideal:
 Es igual al agua de mojado : 2.16 L/min
- Recirculación real:
 Se estima como $8 * 2.16 = 17.31 \text{ L/min}$
- Agua de Enfriamiento:
 Calculada anteriormente, 23.83 L/min

J) TAMAÑO DEL INCINERADOR

Se evalúa el volumen de los gases de salida a la temperatura de combustión 1603.8 °C. De las tablas No.15 y No.12 se obtienen los volúmenes para el aire (gas seco) y el vapor de agua.

Vapor de agua: $6.33 \text{ m}^3/\text{Kg} * 14.87 \text{ Kg/h} * 1 \text{ h}/3600 \text{ s} = 0.026 \text{ m}^3/\text{s}$

Gas seco: $5.38 \text{ m}^3/\text{Kg} * 147.79 \text{ Kg/h} * 1 \text{ h}/3600 \text{ s} = 0.220 \text{ m}^3/\text{s}$

Total = 0.246 m³/s

Si se quiere un tiempo de retención de 1.5 s,

Volumen total: $0.246 \text{ m}^3/\text{s} * 1.5 \text{ s} = 0.369 \text{ m}^3$
más un margen del 10 % por el espacio que ocupa el equipo que está dentro de la cámara de combustión: 0.406 m^3

Para un diámetro de 0.60 m se tiene un largo de:

$$\text{área transversal : } \pi(0.60)^2/4 = 0.283 \text{ m}^2$$

$$\text{Largo: } 0.406 \text{ m}^3/0.283 \text{ m}^2 = 1.43 \text{ m} \sim 1.45 \text{ m}$$

Dimensiones internas del incinerador:

$$\text{Diámetro} = 0.60 ; \text{Altura} = 1.43\text{m}$$

Dimensiones externas del incinerador:

$$\text{Diámetro} = 0.6 + 9 * 2.54 * 2 = 1.01 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 1.45 + 9 * 2.54 = 1.68 \text{ m}$$

K) PORCENTAJE DE OXÍGENO EN SALIDA DE GASES

$$\begin{aligned} &\text{Exceso de aire} * 0.2315 \text{ Kg O}_2/\text{Kg aire} \\ &30.11 \text{ Kg/h} * 0.2315 \text{ Kg O}_2/\text{Kg aire} = 6.97 \text{ Kg O}_2/\text{h} \end{aligned}$$

$$6.97 \text{ Kg O}_2/\text{h} / 147.79 \text{ Kg/aire} * 100 = 4.7 \%$$

L) EMISIÓN DE NOx

Para una temperatura de 1603°C y exceso de aire 26% de acuerdo con la fig. 5 la generación de NOx es de 2.9 lb/MBTU = $5.23 \text{ E-3 Kg}/1000\text{Kcal}$

$$97355.08 \text{ Kcal/h} * 5.23 \text{ E-3 Kg}/1000 * 75\text{h/año} = 38 \text{ Kg/año}$$

M) EMISIÓN DE CO

Para una temperatura de 1603°C y exceso de aire de 26% de acuerdo con la tabla No.14 que se generan $6.299 \text{ E-4 Kg CO}/\text{Kg aire}$

$$6.299 \text{ E-4 Kg CO}/\text{Kg aire} * 147.79 \text{ Kg/h} * 75\text{h/año} = 6.98 \text{ Kg/año}$$

N) EMISIÓN DE HCl

$$0.1186 \text{ Kg HCl}/\text{Kg desecho} * 15\text{Kg/h} = 1.78 \text{ Kg/h HCl}$$

O) EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN

$$1.936 \text{ Kg CO}_2 / \text{Kg Desecho} * 15 \text{ Kg/h} = 29.19 \text{ Kg CO}_2 / \text{h}$$

$$\begin{array}{r} 29.19 \quad -.09 \\ \hline 29.19 \end{array} = 99.7 \%$$

P) TAMAÑO DEL VENTILADOR DE CORRIENTE INDUCIDA

El ventilador debe proporcionar un flujo máximo de 2.64 m³/min con una presión de 0.13cm H₂O. Para una eficiencia de 60%

$$\begin{array}{r} 2.64 \text{ m}^3/\text{min} * 1000 \text{ Kg/m}^3 * 0.13 \text{ m} \\ \hline 457.2 \text{ m}^3/\text{min} * \text{HP} * 0.6 \text{ (eficiencia)} \end{array} = 1.25 \text{ HP} = 1.5 \text{ HP}$$

Q) TAMAÑO DE VENTILADOR PARA EL AIRE DE COMBUSTIÓN

Asumiendo una presión de 3psig en el ventilador con una eficiencia de 60%, se calcula:

$$\begin{array}{r} 147.79 \text{ Kg/h} * 1 \text{ h}/60\text{min} * 3\text{psig} * 4.84 \text{ Kg/m}^2\text{psig} * 1\text{m}^3/1292.8\text{Kg} \\ \hline 457.2 \text{ m}^3/\text{min} * \text{HP} * .60 \text{ (eficiencia)} \end{array} = 0.01 \text{ HP}$$

R) TAMAÑO BOMBA PARA RECIRCULACIÓN

Se asume una cabeza de 30 psig y una eficiencia de 60%

$$\begin{array}{r} 1038.48 \text{ Kg/h} * 1 \text{ h}/60\text{min} * 1\text{m}^3/1000 \text{ Kg} * 30 \text{ psig} * 4.84 \text{ Kg/m}^2/\text{psig} \\ \hline 457.2 \text{ m}^3/\text{min} * \text{HP} * .60 \text{ (eficiencia)} \\ \\ = 0.01 \text{ HP} \end{array}$$

S) VOLUMEN DE SOLUCIÓN NaOH

El volumen de solución que se debe drenar y tratar se calcula:

Entrada en gases, Kg/h	14.87
En scrubber, Kg/h	1429.62
Total entrando, Kg/h	1444.49
Saliendo en gases, Kg/h	17.31
Para drenar, Kg/h	1427.18
L/min	23.79
Temperatura, 'C	86.7

ANEXO No. 2
TABLAS Y FIGURAS

TABLA #7

INVENTARIO DE LOS DESECHOS ORGANICOS EN BODEGA
EN EL PERIODO DEL 27 ABRIL AL 27 DE MAYO 1992

QUIMICOS ORGÁNICOS

QUIMICOS INORGÁNICOS

SUSTANCIA	CANT. (L)	SUSTANCIA	CANT. (L)
ALCOHOL POLIVINÍLICO	1.90	METALES PES C/SAL SULFATO	5.20
CLOROFORMO	2.15	CROMATO DE POTASIO	0.50
SOLVENTES ORGÁNICOS	32.25	INORGÁNICO	4.30
BENCENO	0.60	HIDRÓXIDO DE SODIO	2.55
METANOL-ÁCIDO ACÉTICO	2.80	ÁCIDO SULFÚRICO CONC.	0.55
ETER-ACETONA	0.60	NITRATOS INORGÁNICOS	2.40
ACETONA-ACETATO DE ETILO	1.00	YODO-ÁCIDO-ALMIDÓN	13.30
ETER	1.40	BICARBONATO DE SODIO 5%	0.15
WOODRUFF	1.00	SOLUCIÓN Na 2000 ppm.	0.25
NITROBENCENO	0.50	HIERRO	0.40
DESECHOS ÉTER	3.80	OXALATOS, FERMANGANATOS	26.70
DES. TETRACLORURO CARBONO	3.90	Ca Y Mg - SOLV. ORGANICOS	15.20
EXTRACTO CON BENCENO	0.50	PERMANGANTO DE POTASIO	7.65
ÉTER DE PETROLEO	0.50	ACIDOS	15.50
ESTER	0.50	TIOCIANATO DE PLATA SLN.	7.60
BENZALDEHÍDO	0.50	PERMANGANATOS Y ORGANICOS	3.80
DIETILAMINA-TRIETANOLAMIN	7.60	CERIO - SLN. ACUOSA	7.60
DODECIL ALCOHOL	0.50	BROMO	0.06
ESTER-ACETATO ISOAMÍLICO	0.95	NITRATO DE PLATA	3.80
ÁCIDOS ORGÁNICOS	1.00	SALES DE AMONIO	1.90
AC. OXÁLICO-AZUL METILENO	3.80	ÁCIDO CLORHÍDRICO	0.25
ANHÍDRIDO ACETICO	0.50	REACTIVO BENEDICT	2.40
ISOPROPANOL	1.15	AC. CROMICO-AC. SULFÚRICO	0.15
PENTAFLUOROFENOL	0.95	IONES METALICOS EN SLN.	0.15
DIETILAMINA AN ACIDO	8.55	MERCURIO	0.25
CLOROFORMO-TOLUENO	1.90	AMONIO MOLIBDATO	1.00
DICLOROMETANO	2.40	FERROCIANATO DE POTASIO	3.80
ACETATO DE ETILO	1.90	Cd, Zn, Cu, Ni	3.80
		OXIDANTES	1.90
		AC.PERCLORICO-ANH.ACETICO	0.10
	85.10 L		133.21 L
TOTAL DURANTE UN MES	218.31 L	SE USAN LOS LABORATORIOS	
% ORGÁNICOS EN DESECHOS	38.98 %	DURANTE 8 MESES AL AÑO	
% INORGÁNICOS EN DESECHOS	61.02 %	TOTAL ANUAL	1746.48

TABLA #8

LISTADO DE MATERIALES UTILIZADOS EN LOS LABORATORIOS
DE LA UNIVERSIDAD DURANTE EL AÑO 1991

SUSTANCIA ORGÁNICA	CANT. (L)	SUSTANCIA ORGÁNICA	CANT. (L)
ETANOL	297.00	CLOROFORMO	124.00
ISOPROPANOL	111.20	TETRACLORURO DE CARBONO	33.00
ACETONA	85.00	ANHIDRIDO ACETICO	24.50
BENCENO	79.00	DICLOROMETANO	20.00
ETER DIETILICO	57.50	GLICERINA	18.00
ETER DE PETROLEO	56.00	ACIDO LACTICO	4.10
HEXANO	40.90	ACIDO ASCORBICO	1.80
DIETILAMINA	31.50	INOSITOL	1.14
ACETATO DE ETILO	26.20	B-NAFTOL	0.20
CICLOHEXANO	25.50	SUDAN 3	3.00
ALCOHOL N-BUTILICO	17.00	SLN. BIURET	2.00
PIRIDINA	15.00	NAFTALENO	0.66
TOLUENO	6.50	ACIDO BENZOICO	0.32
ACETIL CLORURO	5.00	BENZIONA	0.30
CLOROBENCENO	2.50	ACETANILIDA	2.50
XILENO	2.50	2,4 DINITROFENIL HIDRAZIN	0.50
N-PENTANO	2.00	ACIDO MALICO	0.50
N-HEPTANO	1.00	FENOLFTALEINA	0.40
BISULFURO DE CARBONO	1.00	ACIDO TATARICO	0.06
DIOXANO	0.50	ACIDO LAURICO	3.00
METIL-ETIL CETONA	0.50	ACIDO BORICO	2.30
N-PENTANOL	0.15	N-PROPANOL	5.00
N-OCTANO	0.10	ANISALDEHIDO	1.10
NONANO	0.10	INDIGO	0.04
METANOL	98.00	CITRATO DE SODIO	2.00
ACIDO ACETICO GLACIAL	79.00	BHT	0.10
BENZALDEHIDO	10.50	ACETATO DE AMONIO	0.70
CICLOHEXANOL	10.40	BENCIDINA	0.02
PARA DICLOROBENCENO	6.00	GLICINA	1.60
ALCOHOL AMILICO	5.40	BENZOFENONA	1.00
FENOL	4.70	ACIDO OXALICO	0.30
ANILINA	4.25	ACIDO SUCCINICO	0.14
BROMOBENCENO	3.00	SORBITAN TRIOLATE	1.00
ACETOFENONA	2.00	HIDROCLORURODHIDROXILAMIN	1.35
OCTANOL	2.00	ACIDO MALEICO	0.03
ACETOACETATO DE ETILO	2.00	OXALATO DE AMONIO	0.65
ACIDO FORMICO	1.00	CAFEINA	0.10
CICLOHEXANONA	0.50	ACIDO SULFOSALICILICO	2.50
BENZONITRILO	0.50	ACIDO ASPARTICO	0.30
LIMONENO	0.10	FORMALDEHIDO	2.00
NITROBENCENO	0.10	ORCINOL	0.02
DECANO	0.02	RESORCINOL	0.04
ACIDO CINAMICO	0.04	P NITROFENOL	0.05
ETILENGLICOL	5.00	AC. ACETIL SALICILICO	0.20
ACIDO SALICILICO	0.35	TRICLOROMETANO	1.00
ACIDO TRICLOROACETICO	1.67	BROMO NAFTALENO	0.10
DIMETIL CETONA	1.00		
	1,101.18		263.62

...cont. TABLA #8

LISTADO DE MATERIALES UTILIZADOS EN LOS LABORATORIOS
DE LA UNIVERSIDAD DURANTE EL AÑO 1991

SUSTANCIA INORGÁNICA	CANT. (L)	SUSTANCIA INORGÁNICA	CANT(L)
HIDROXIDO DE AMONIO	31.50	NITRATO DE BARIO	0.03
ACIDO CLORHIDIRCO	56.00	CLORURO DE BARIO	0.40
YUDURO DE POTASIO	3.10	NITRATO ESTRONCIO ANHIDRO	0.01
CLORURO DE POSTASIO	3.40	SODIO	1.03
FOSFATO MONOBASICO POTASI	0.51	ACIDO PICRICO	0.17
FOSFATO DIBASICO POTASIO	0.13	NITRATO DE PLATA	0.60
NITRATO DE POTASIO	0.24	FERROCIANURO DE POTASIO	0.67
BROMURO DE POTASIO	0.04	CIANURO DE POTASIO	0.39
HIDROXIDO DE POTASIO	5.58	DICROMATO DE POTASIO	4.28
BISULFATO DE POTASIO	0.55	PERMANGANATO DE POTASIO	3.11
CARBONATO DE POTASIO	0.31	PEROXIDO DE HIDROGENO	22.00
SULFATO DE MAGNESIO	2.20	NITRITO DE SODIO	1.96
ACETATO DE MAGNESIO	0.35	CROMATO DE POTASIO	0.46
ACIDO CLOROSULFONICO	2.00	PERSULFATO DE AMONIO	0.25
ACETATO DE SODIO	1.30	BROMO	3.00
CARBONATO DE SODIO	26.20	ACIDO CROMICO	0.20
HIDROXIDO DE SODIO	15.60	OXIDO DE CROMO IV	0.03
CLORURO DE SODIO	27.50	PERYODATO DE POTASIO	0.07
NITRATO DE SODIO	0.78	CLORATO DE POTASIO	1.34
TIOSULFATO DE SODIO	0.69	CLORURO DE MERCURIO	1.14
SULFATO DE SODIO	0.85	CLORURO DE NIQUEL	0.96
BISULFITO DE SODIO	0.67	SULFATO DE COBRE	3.26
BROMURO DE SODIO	0.51	SULFATO FERRICO	4.84
SULFITO DE SODIO	0.19	SULFATO DE AMONIO-HIERRO	0.73
FOSFATO MONOBASICO SODIO	0.29	SULFATO DE MERCURIO	0.06
FOSFATO DIBASICO SODIO	0.47	SULFATO DE ZINC	0.15
ACIDO SULFURICO	85.70	NITRATO DE PLOMO	0.88
CLORURO AMONIO	2.20	BROMURO DE COBRE	0.10
HIDROXIDO DE CALCIO	0.23	TRICLORURO DE ANTIMONIO	0.66
SULFATO DE ALUMINIO	0.37	CLORURO DE HIERRO III	1.43
ACIDO NITRICO	37.50	SULFATO DE MANGANESO	0.34
ACIDO FOSFORICO	1.00	CLORRO DE ESTANO	0.36
TIOCIANATO DE AMONIO	0.38	CLORURO DE COBALTO	0.10
ACIDO PERCLORICO	6.50	CLORURO DE ZINC	0.24
CLORURO DE CALCIO	5.72	CLORURO DE COBRE	1.31
CLORURO DE MAGNESIO	0.64	SULFATO DE CADMIO	0.01
CLORURO DE LITIO	0.02	MOLIBDATO DE AMONIO	0.55
CLORO INDUSTRIAL	6.00	NITRATO DE HIERRO III	0.30
SULFATO DE CALCIO ANHIDRO	0.34	YODO METALICO	1.99
CARBONATO DE BARIO	0.12	ZINC METALICO	0.18
OXIDO DE MERCURIO	0.02	MAGNESIO METALICO	0.46
OXIDO DE ZINC	0.02	COBRE METALICO	0.12
PERCLORATO DE SODIO	0.07	HIERRO	0.26
ACETATO DE COBRE III	0.13	ESTANO	0.27
ACETATO DE PLOMO	0.11	MERCURIO	0.08
		ALUMINIO	0.19
	328.03		60.78

TABLA #9

MASA, VOLUMEN, DENSIDAD Y COMPOSICIÓN
DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS ASUMIENDO IGUAL COMPOSICIÓN
A LA DE LOS LISTADOS DE MATERIALES DE 1991

SUSTANCIA	CANT. (L)	%	D(Kg/L)	%*D	L-10%	CANT(Kg)
ETANOL	297.00	21.76	0.789	0.1717	267.30	210.90
ISOPROPANOL	111.20	8.15	0.785	0.0640	100.08	78.57
ACETONA	85.00	6.23	0.788	0.0491	76.50	60.28
BENCENO	79.00	5.79	0.879	0.0509	71.10	62.48
ETER DIETILICO	57.50	4.21	0.713	0.0301	51.75	36.92
ETER DE PETROLEO	56.00	4.10	0.643	0.0264	50.40	32.38
HEXANO	40.90	3.00	0.660	0.0198	36.81	24.29
DIETILAMINA	31.50	2.31	0.707	0.0163	28.35	20.05
ACETATO DE ETILO	26.20	1.92	0.902	0.0173	23.58	21.27
CICLOHEXANO	25.50	1.87	0.721	0.0135	22.95	16.54
ALCOHOL N-BUTILICO	17.00	1.25	0.810	0.0101	15.30	12.39
PIRIDINA	15.00	1.10	0.978	0.0107	13.50	13.20
CLOROFORMO	124.00	9.09	1.484	0.1348	111.60	165.61
TETRACLORURO DE CARBONO	33.00	2.42	1.589	0.0384	29.70	47.19
ANHIDRIDO ACETICO	24.50	1.80	1.080	0.0194	22.05	23.81
DICLOROMETANO	20.00	1.47	1.326	0.0194	18.00	23.86
GLICERINA	18.00	1.32	1.262	0.0166	16.20	20.44
METANOL	98.00	7.18	0.792	0.0568	88.20	69.81
ACIDO ACETICO GLACIAL	79.00	5.79	1.049	0.0607	71.10	74.58
BENZALDEHIDO	10.50	0.77	1.050	0.0081	9.45	9.92
CICLOHEXANOL	10.40	0.76	0.962	0.0073	9.36	9.00
TOLUENO	6.50	0.48	0.866	0.0041	5.85	5.07
ACETIL CLORURO	5.00	0.37	1.105	0.0040	4.50	4.97
N-PROPANOL	5.00	0.37	0.804	0.0029	4.50	3.62
ETILENGLICOL	5.00	0.37	1.024	0.0038	4.50	4.61
PARA DICLOROBENCENO	6.00	0.44	1.458	0.0064	5.40	7.87
ALCOHOL AMILICO	5.40	0.40	0.817	0.0032	4.86	3.97
FENOL	4.70	0.34	1.071	0.0037	4.23	4.53
OTROS	68.00	4.98	0.870	-----	61.20	53.24
	1364.8	100	<.8700.86961		1228.32	1121.41
TOTAL DESECHOS ORGANICOS	1364.8 L					
(-) 10% POR PÉRDIDAS	136.48 L					
DESECHOS ORGÁNICOS	1228.32 L/AÑO					1121.4 Kg/AÑO
CAPACIDAD DEL INCINERADO	17.25 L/H					TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO
APROX. EQUIVALE A	15.00 Kg/H					15 Kg/h75 h/año= 1125 Kg/AÑO

TABLA #10

RELACION ESTEQUIOMETRICA, CALORES DE FORMACION Y DE COMBUSTION
ASUMIENDO IGUAL COMPOSICION DE LISTADO DE MATERIALES DE 1991

FORMULA	O2	H2O	CO2	H2O	NO2	HCl	D Hf Kcal/mog/mol	FW	SUM Hf	Hc Kcal/Kg	<x>
C2H6O	3	0	2	3	0	0	-66.2	46.08	-326.9	-7094.18	(1,543.8)
C3H8O	4.5	0	3	4	0	0	-74.32	60.11	-481.18	-8004.99	(652.2)
C3H6O	4	0	3	3	0	0	-59.32	58.09	-427.88	-7365.81	(458.7)
C6H6	7.5	0	6	3	0	0	11.72	78.12	-781.22	-10000.3	(578.9)
C4H10O	6	0	4	5	0	0	-65.2	74.14	-652.7	-8803.61	(370.9)
C6H14	9.5	0	6	7	0	0	-39.96	86.2	-1002.74	-11632.7	(477.3)
C6H14	9.5	0	6	7	0	0	-39.96	86.2	-1002.74	-11632.7	(348.6)
C4H4N	6	0	4	2	1	0	-30.5	73.16	-474.6	-6487.15	(149.7)
C4H8O2	5	0	4	4	0	0	-110.7	88.12	-538.88	-6115.3	(117.4)
C6H12	9	0	6	6	0	0	-37.34	84.18	-937.06	-11131.6	(208.0)
C4H10O	6	0	4	5	0	0	-79.61	74.14	-638.29	-8609.25	(107.2)
C5H5N	7.25	0	5	2.5	1	0	24	79.11	-657.35	-8309.32	(91.3)
CHCl3	1	0	1	0	0	3	32.1	119.37	-246.2	-2062.49	(187.4)
CCl4	0	2	1	0	0	4	-32.4	153.81	-85.1	-553.28	(13.4)
C4H6O3	4	0	4	3	0	0	-155.2	102.1	-426.14	-4173.75	(74.9)
CH2Cl2	1	0	1	0	0	2	-101.5	84.94	-72.6	-854.721	(12.5)
C3H8O3	3.5	0	1	2	0	0	-159.2	92.09	-71.54	-776.849	(10.2)
CH4O	1.5	0	1	2	0	0	-57.11	32.05	-173.59	-5416.22	(388.9)
C2H4O2	2	0	2	2	0	0	-116.2	60.06	-208.6	-3473.19	(201.0)
C7H6O	8	0	7	3	0	0	-20.1	106.13	-843.5	-7947.8	(61.1)
C6H12O	8.5	0	6	6	0	0	-106.5	100.16	-867.93	-8665.44	(66.0)
C7H8	9	0	7	4	0	0	2.87	92.15	-934.77	-10144	(48.3)
C2H3OC1	2	0	2	1	0	1	-65.4	78.5	-231.1	-2943.95	(10.8)
C3H8O	4.5	0	3	4	0	0	-71.87	60.11	-483.63	-8045.75	(29.5)
C2H6O2	2.5	0	2	3	0	0	-108.6	62.08	-284.52	-4583.12	(16.8)
C6H4Cl2	6.5	0	6	1	0	2	10.8	147	-723.7	-4923.13	(21.6)
C5H12O	7.5	0	5	6	0	0	-64.3	88.14	-816	-9258	(36.6)
C6H6O	7	0	6	3	0	0	-37.8	89.07	-731.7	-8214.89	(28.3)
	5.2	0.1	3.9	3.3	0.1	0.4		84.1		-6311.62	(314.5)

(6,626.1)

TABLA #11

MASA DE GAS SECO Y AGUA POR Kg. DE DESECHO
 ASUMIENDO COMPOSICION IGUAL AL LISTADO DE MATERIALES 1991

FORMULA	Kg CO2	Kg N2	Kg NO2	Kg HCl	KgGS/KgDSKgH2O/KgD	
C2H6O	1.9102	6.0559	0.0000	0.0000	1.7335	0.2553
C3H8O	2.1965	6.9636	0.0000	0.0000	0.7463	0.0977
C3H6O	2.2729	6.4051	0.0000	0.0000	0.5405	0.0580
C6H6	3.3802	8.9303	0.0000	0.0000	0.7126	0.0401
C4H10O	2.3744	7.5278	0.0000	0.0000	0.4172	0.0512
C6H14	3.0633	10.2514	0.0000	0.0000	0.5463	0.0600
C6H14	3.0633	10.2514	0.0000	0.0000	0.3990	0.0439
C4H4N	2.4062	7.6286	0.6289	0.0000	0.2461	0.0114
C4H8O2	1.9977	5.2779	0.0000	0.0000	0.1397	0.0157
C6H12	3.1368	9.9449	0.0000	0.0000	0.2444	0.0240
C4H10O	2.3744	7.5278	0.0000	0.0000	0.1233	0.0151
C5H5N	2.7816	8.5246	0.5816	0.0000	0.1307	0.0063
CHCl3	0.3687	0.7792	0.0000	0.9163	0.1875	0.0000
CCl4	0.2861	0.0000	0.0000	0.9482	0.0298	0.0000
C4H6O3	1.7242	3.6442	0.0000	0.0000	0.0964	0.0095
CH2Cl2	0.5181	1.0951	0.0000	0.8585	0.0362	0.0000
C3H8O3	0.4779	3.5353	0.0000	0.0000	0.0529	0.0052
CH4O	1.3732	4.3534	0.0000	0.0000	0.4112	0.0807
C2H4O2	1.4655	3.0975	0.0000	0.0000	0.2641	0.0347
C7H6O	2.9028	7.0116	0.0000	0.0000	0.0763	0.0039
C6H12O	2.6364	7.8939	0.0000	0.0000	0.0802	0.0082
C7H8	3.3431	9.0848	0.0000	0.0000	0.0592	0.0037
C2H3OCl	1.1213	2.3699	0.0000	0.4645	0.0145	0.0008
C3H8O	2.1965	6.9636	0.0000	0.0000	0.0336	0.0044
C2H6O2	1.4178	3.7459	0.0000	0.0000	0.0189	0.0032
C6H4Cl2	1.7963	4.1130	0.0000	0.4961	0.0282	0.0005
C5H12O	2.4966	7.9151	0.0000	0.0000	0.0412	0.0049
C6H6O	2.9646	7.3103	0.0000	0.0000	0.0354	0.0021
	2.0179	5.7558	0.0391	0.1858	0.3985	0.0349
<1.936> KgCO2/Kg				<.1186> KgHCl/Kg	7.8438 KgGS/Kg	0.8754 KgH2O/Kg

(Continued)

Temp., °F.	Saturation pressure		Saturation humidity, Wt. water vapor/lb. dry air		Saturation moisture content, Wt. water vapor/cu. ft. sat. mixture		Saturation density, Wt. air plus water vapor/cu. ft. sat. mixture		Volume			Enthalpy			Temp., °F.
	Lb./sq. in.	In. of Hg	Pounds	Grains	Pounds X 10 ⁴	Grains	Pounds	Grains	Dry air, cu. ft./lb.	Water vapor, cu. ft./lb.	Saturated mixture, cu. ft./lb. dry air	Dry air, B.t.u./lb.	Water vapor, B.t.u./lb.	Saturated mixture, B.t.u./lb. dry air	
80	0.50489	1.0320	0.02231	156.1	1.583	11.08	0.07257	508.0	13.601	21.844	14.088	11.533	1096.2	35.985	80
81	.52370	1.0863	.02308	161.5	1.645	11.51	.07240	506.8	13.626	21.884	14.131	11.773	1096.6	37.077	81
82	.54099	1.1015	.02387	167.1	1.684	11.79	.07226	505.6	13.652	21.923	14.175	12.013	1097.1	38.197	82
83	.55878	1.1377	.02468	172.8	1.736	12.15	.07206	504.4	13.677	21.964	14.219	12.254	1097.5	39.342	83
84	.57707	1.1749	.02552	178.7	1.789	12.53	.07190	503.3	13.702	22.003	14.264	12.494	1097.9	40.515	84
85	0.59588	1.2132	0.02639	184.7	1.844	12.91	0.07173	502.1	13.728	22.043	14.309	12.735	1098.3	41.718	85
86	.61522	1.2526	.02728	191.0	1.901	13.30	.07156	500.9	13.753	22.082	14.355	12.975	1098.7	42.952	86
87	.63510	1.2931	.02821	197.4	1.958	13.71	.07139	499.8	13.778	22.122	14.402	13.217	1099.1	44.216	87
88	.65555	1.3347	.02916	204.1	2.018	14.12	.07122	498.6	13.803	22.161	14.449	13.457	1099.6	45.515	88
89	.67656	1.3775	.03014	210.9	2.079	14.55	.07106	497.4	13.829	22.200	14.497	13.696	1100.0	46.845	89
90	0.69816	1.4215	0.03115	218.0	2.141	14.99	0.07088	496.2	13.854	22.240	14.547	13.938	1100.5	48.212	90
91	.72036	1.4667	.03219	225.3	2.205	15.44	.07071	495.0	13.879	22.279	14.597	14.177	1100.9	49.612	91
92	.74316	1.5131	.03326	232.8	2.271	15.90	.07054	493.8	13.904	22.319	14.647	14.418	1101.4	51.060	92
93	.76659	1.5608	.03437	240.6	2.338	16.37	.07037	492.6	13.930	22.358	14.699	14.658	1101.8	52.522	93
94	.79065	1.6098	.03551	248.5	2.407	16.85	.07020	491.4	13.955	22.398	14.751	14.899	1102.3	54.037	94
95	0.81537	1.6601	0.03668	256.5	2.478	17.34	0.07003	490.2	13.980	22.437	14.804	15.139	1102.7	55.586	95
96	.84074	1.7118	.03789	265.3	2.550	17.85	.06985	489.0	14.006	22.476	14.854	15.380	1103.1	57.179	96
97	.86681	1.7648	.03914	274.0	2.624	18.37	.06968	487.8	14.031	22.515	14.913	15.620	1103.5	58.810	97
98	.89358	1.8193	.04043	283.0	2.701	18.91	.06951	486.6	14.056	22.555	14.968	15.860	1103.9	60.486	98
99	.92105	1.8753	.04175	292.3	2.779	19.45	.06933	485.3	14.081	22.594	15.025	16.101	1104.3	62.209	99
100	0.94926	1.9327	0.04312	301.8	2.859	20.01	0.06916	484.1	14.107	22.633	15.083	16.341	1104.8	63.980	100
101	0.97821	1.9916	.04453	311.7	2.941	20.58	.06898	482.9	14.132	22.673	15.142	16.582	1105.2	65.794	101
102	1.00792	2.0521	.04598	321.9	3.025	21.17	.06880	481.6	14.157	22.712	15.202	16.822	1105.6	67.657	102
103	1.03842	2.1142	.04748	332.3	3.111	21.77	.06863	480.4	14.182	22.751	15.263	17.063	1106.1	69.577	103
104	1.06965	2.1788	.04902	343.1	3.198	22.39	.06845	479.2	14.208	22.790	15.325	17.304	1106.5	71.541	104
105	1.1018	2.2432	0.05061	354.3	3.289	23.02	0.06827	477.9	14.233	22.829	15.389	17.544	1106.9	73.563	105
106	1.1347	2.3103	.05225	365.7	3.381	23.67	.06809	476.7	14.258	22.868	15.453	17.785	1107.3	75.639	106
107	1.1685	2.3790	.05394	377.6	3.476	24.33	.06791	475.4	14.283	22.907	15.519	18.025	1107.7	77.771	107
108	1.2031	2.4495	.05568	389.7	3.572	25.00	.06773	474.1	14.309	22.946	15.587	18.266	1108.1	79.961	108
109	1.2386	2.5218	.05747	402.3	3.671	25.70	.06755	472.8	14.334	22.985	15.655	18.506	1108.5	82.215	109
110	1.2750	2.5959	0.05932	415.3	3.772	26.41	0.06737	470.6	14.359	23.024	15.725	18.747	1109.0	84.535	110
111	1.3123	2.6719	.06123	428.6	3.876	27.13	.06718	470.3	14.384	23.063	15.796	18.987	1109.4	86.915	111
112	1.3506	2.7497	.06319	442.4	3.982	27.88	.06700	469.0	14.410	23.101	15.869	19.228	1109.8	89.360	112
113	1.3897	2.8295	.06522	456.5	4.090	28.63	.06681	467.7	14.435	23.140	15.944	19.469	1110.2	91.873	113
114	1.4300	2.9114	.06731	471.2	4.202	29.41	.06662	466.4	14.460	23.178	16.020	19.709	1110.6	94.461	114
115	1.4711	2.9952	0.06946	486.2	4.315	30.20	0.06643	465.0	14.486	23.218	16.098	19.950	1111.1	97.128	115
116	1.5133	3.0811	.07168	501.8	4.431	31.02	.06624	463.7	14.516	23.256	16.178	20.190	1111.5	99.866	116
117	1.5566	3.1691	.07397	517.8	4.550	31.85	.06605	462.4	14.536	23.295	16.259	20.431	1112.0	102.688	117
118	1.6008	3.2593	.07633	534.3	4.671	32.69	.06586	461.0	14.561	23.333	16.343	20.672	1112.4	105.586	118
119	1.6462	3.3517	.07877	551.4	4.795	33.57	.06567	459.7	14.587	23.372	16.428	20.912	1112.8	108.571	119
120	1.6927	3.4463	0.08125	569.0	4.922	34.45	0.06547	458.3	14.612	23.408	16.515	21.153	1113.3	111.65	120
121	1.7403	3.5432	.08388	587.1	5.052	35.36	.06528	457.0	14.637	23.448	16.603	21.394	1113.7	114.81	121
122	1.7890	3.6424	.08655	605.9	5.184	36.29	.06508	455.6	14.662	23.487	16.695	21.634	1114.2	118.07	122
123	1.8389	3.7440	.08931	625.2	5.320	37.24	.06488	454.2	14.688	23.526	16.789	21.875	1114.6	121.42	123
124	1.8900	3.8480	.09216	645.1	5.458	38.21	.06468	452.8	14.713	23.565	16.885	22.116	1115.0	124.88	124

TABLE NO. 13

(Continued)

Temp., °F	Saturation pressure		Saturation humidity, Wt. water vapor/lb. dry air		Saturation moisture content, Wt. water vapor/cu. ft. sat. mixture		Saturation density, Wt. plus water vapor/cu. ft. sat. mixture		Volume			Enthalpy			Temp., °F
	Lb./sq. in.	In. of Hg	Pounds	Grains	Pounds	Grains	Pounds	Grains	Dry air, cu. ft./lb.	Water vapor, cu. ft./lb.	Saturated mixture, cu. ft./lb. dry air	Dry air, B.t.u./lb.	Water vapor, B.t.u./lb.	Saturated mixture, B.t.u./lb. dry air	
125	1.9423	3.9544	0.09511	665.8	0.005600	39.20	0.06448	451.4	14.738	23.602	16.983	22.356	1115.4	128.44	125
126	1.9958	4.0634	.09815	687.1	.005745	40.22	.06428	450.0	14.763	23.641	17.084	22.597	1115.8	132.11	126
127	2.0506	4.1740	.10120	709.0	.005893	41.25	.06408	448.5	14.789	23.679	17.187	22.838	1116.3	135.91	127
128	2.1066	4.2891	.10453	731.7	.006045	42.33	.06387	447.1	14.814	23.718	17.293	23.079	1116.7	139.81	128
129	2.1640	4.4059	.10788	755.2	.006199	43.40	.06366	445.6	14.839	23.756	17.402	23.319	1117.1	143.83	129
130	2.2227	4.5255	0.1113	779.4	0.006357	44.50	0.06345	444.2	14.864	23.794	17.514	23.560	1117.6	147.99	130
131	2.2828	4.6479	.1149	804.4	.006519	45.63	.06325	442.7	14.890	23.833	17.628	23.801	1118.0	152.27	131
132	2.3442	4.7729	.1186	830.2	.006683	46.78	.06305	441.2	14.915	23.871	17.746	24.041	1118.4	156.64	132
133	2.4072	4.9010	.1224	856.9	.006851	47.96	.06282	439.7	14.940	23.910	17.867	24.282	1118.8	161.23	133
134	2.4715	5.0320	.1264	884.5	.007024	49.16	.06261	438.2	14.965	23.948	17.991	24.523	1119.2	165.95	134
135	2.5373	5.1659	0.1304	913.0	0.007199	50.39	0.06239	436.7	14.991	23.987	18.119	24.764	1119.6	170.79	135
136	2.6045	5.3028	.1346	942.5	.007377	51.64	.06217	435.2	15.016	24.025	18.251	25.005	1120.1	175.81	136
137	2.6733	5.4429	.1390	973.1	.007561	52.92	.06195	433.7	15.041	24.063	18.386	25.245	1120.5	181.01	137
138	2.7436	5.5861	.1435	1,004.5	.007747	54.23	.06173	432.1	15.067	24.103	18.525	25.486	1120.9	186.35	138
139	2.8155	5.7324	.1482	1,037.3	.007937	55.56	.06150	430.5	15.092	24.139	18.669	25.727	1121.3	191.88	139
140	2.8890	5.8821	0.1530	1,071	0.008131	56.92	0.06128	428.9	15.117	24.178	18.816	25.968	1121.7	197.59	140
141	2.9641	6.0349	.1580	1,106	.008329	58.31	.06105	427.3	15.142	24.215	18.969	26.209	1122.1	203.50	141
142	3.0409	6.1912	.1632	1,142	.008532	59.72	.06082	425.7	15.168	24.253	19.126	26.449	1122.5	209.62	142
143	3.1193	6.3500	.1685	1,180	.008738	61.17	.06059	424.1	15.193	24.290	19.288	26.689	1122.9	215.94	143
144	3.1915	6.5141	.1741	1,219	.008949	62.64	.06035	422.5	15.218	24.329	19.454	26.931	1123.3	222.46	144
145	3.2814	6.6809	0.1798	1,259	0.009163	64.14	0.06012	420.8	15.243	24.367	19.626	27.172	1123.7	229.29	145
146	3.3651	6.8512	.1858	1,301	.009383	65.68	.05988	419.1	15.269	24.405	19.804	27.413	1124.1	236.29	146
147	3.4506	7.0253	.1920	1,344	.009607	67.25	.05964	417.5	15.294	24.443	19.987	27.654	1124.6	243.59	147
148	3.5379	7.2032	.1984	1,389	.009835	68.84	.05940	415.8	15.320	24.481	20.176	27.895	1125.0	251.12	148
149	3.6271	7.3847	.2051	1,436	.010066	70.46	.05915	414.0	15.344	24.518	20.374	28.135	1125.4	258.94	149
150	3.7182	7.5703	0.2120	1,484	0.01030	72.13	0.05890	412.3	15.370	24.555	20.576	28.376	1125.8	267.06	150
151	3.8113	7.7597	.2192	1,531	.01055	73.82	.05866	410.6	15.395	24.593	20.786	28.617	1126.2	275.48	151
152	3.9063	7.9531	.2267	1,587	.01079	75.54	.05840	408.8	15.420	24.630	21.004	28.858	1126.6	284.22	152
153	4.0033	8.1500	.2341	1,641	.01101	77.30	.05815	407.0	15.445	24.668	21.229	29.099	1127.0	293.30	153
154	4.1023	8.3523	.2425	1,698	.01130	79.09	.05789	405.3	15.471	24.705	21.462	29.340	1127.4	302.73	154
155	4.2034	8.5581	0.2509	1,756	0.01156	80.92	0.05763	403.4	15.496	24.742	21.704	29.581	1127.8	312.55	155
156	4.3066	8.7682	.2596	1,817	.01183	82.78	.05737	401.6	15.521	24.780	21.955	29.822	1128.2	322.75	156
157	4.4120	8.9828	.2688	1,881	.01210	84.72	.05711	399.8	15.546	24.818	22.216	30.063	1128.7	333.41	157
158	4.5195	9.2016	.2782	1,948	.01237	86.61	.05684	397.9	15.572	24.855	22.487	30.304	1129.1	344.46	158
159	4.6292	9.4251	.2881	2,005	.01265	88.58	.05657	396.0	15.597	24.892	22.769	30.545	1129.5	356.00	159
160	4.7412	9.6531	0.2985	2,089	0.01291	90.59	0.05630	394.1	15.622	24.929	23.063	30.786	1129.9	368.13	160
161	4.8554	9.8856	.3092	2,165	.01323	92.63	.05603	392.2	15.647	24.966	23.368	31.027	1130.3	380.56	161
162	4.9720	10.1231	.3205	2,244	.01353	94.72	.05575	390.3	15.673	25.003	23.685	31.268	1130.7	393.67	162
163	5.0909	10.3652	.3323	2,326	.01384	96.85	.05547	388.3	15.698	25.040	24.017	31.509	1131.1	407.35	163
164	5.2122	10.6162	.3446	2,412	.01414	99.00	.05519	386.3	15.723	25.077	24.365	31.750	1131.5	421.66	164
165	5.3358	10.864	0.3575	2,502	0.01446	101.2	0.05490	384.3	15.748	25.114	24.725	31.991	1131.9	436.61	165
166	5.4621	11.121	.3710	2,597	.01478	103.5	.05462	382.3	15.774	25.151	25.102	32.232	1132.3	452.30	166
167	5.5908	11.383	.3851	2,696	.01511	105.8	.05434	380.3	15.799	25.188	25.492	32.473	1132.7	468.72	167
168	5.7220	11.650	.4000	2,800	.01543	108.1	.05402	378.2	15.824	25.225	25.914	32.714	1133.1	485.95	168
169	5.8558	11.922	.4156	2,909	.01577	110.4	.05373	376.1	15.849	25.261	26.347	32.955	1133.5	504.05	169

TABLE No. 13

(Continued)

Temp., °F.	Saturation pressure		Saturation humidity, Wt. water vapor/lb. dry air		Saturation moisture content, Wt. water vapor/cu. ft. sat. mixture		Saturation density, Wt. air plus water vapor/cu. ft. sat. mixture		Volume			Enthalpy			Temp., °F.
	Lb./sq. in.	In. of Hg	Pounds	Grains	Pounds	Grains	Pounds	Grains	Dry air, cu. ft./lb.	Water vapor, cu. ft./lb.	Saturated mixture, cu. ft./lb. dry air	Dry air, B.t.u./lb.	Water vapor, B.t.u./lb.	Saturated mixture, B.t.u./lb. dry air	
170	5.9923	12.200	0.4320	3.024	0.01612	112.8	0.05343	374.0	15.875	25.298	26.804	33.196	523.06	170	
171	6.1314	12.484	4.493	3.145	.01647	115.3	.05314	372.0	15.900	25.335	27.272	33.437	543.08	171	
172	6.2733	12.772	4.675	3.273	.01682	117.8	.05281	369.7	15.925	25.372	27.787	33.678	564.15	172	
173	6.4179	13.067	4.867	3.407	.01719	120.3	.05251	367.5	15.950	25.408	28.315	33.919	586.38	173	
174	6.5653	13.367	5.070	3.549	.01756	122.9	.05219	365.3	15.976	25.445	28.876	34.161	609.84	174	
175	6.7156	13.673	5.281	3.699	.01793	125.5	.05187	363.1	16.001	25.481	29.465	34.402	634.63	175	
176	6.8687	13.985	5.511	3.858	.01832	128.2	.05155	360.9	16.026	25.518	30.089	34.643	660.88	176	
177	7.0247	14.302	5.752	4.026	.01871	130.9	.05123	358.6	16.051	25.554	30.749	34.884	688.69	177	
178	7.1838	14.626	6.008	4.205	.01910	133.7	.05090	356.3	16.077	25.591	31.449	35.125	718.25	178	
179	7.3458	14.956	6.279	4.395	.01950	136.5	.05057	354.1	16.102	25.627	32.193	35.366	749.63	179	
180	7.5109	15.292	6.569	4.598	.01992	139.4	.05023	351.6	16.127	25.664	32.984	35.607	783.08	180	
181	7.6791	15.635	6.878	4.815	.02033	142.3	.04989	349.2	16.152	25.700	33.829	35.848	818.78	181	
182	7.8504	15.983	7.209	5.046	.02076	145.3	.04955	346.8	16.178	25.736	34.731	36.090	856.97	182	
183	8.0247	16.339	7.563	5.294	.02119	148.3	.04920	344.4	16.203	25.772	35.694	36.331	897.79	183	
184	8.2027	16.701	7.943	5.560	.02163	151.4	.04885	342.0	16.228	25.809	36.728	36.572	941.68	184	
185	8.3836	17.069	8.352	5.847	.02207	154.5	.04850	339.5	16.253	25.844	37.839	36.813	988.88	185	
186	8.5678	17.444	8.794	6.156	.02253	157.7	.04814	337.0	16.279	25.881	39.037	37.054	1,039.79	186	
187	8.7554	17.826	9.271	6.490	.02301	160.9	.04778	334.5	16.304	25.916	40.332	37.296	1,094.88	187	
188	8.9465	18.215	9.790	6.853	.02349	164.2	.04742	331.9	16.329	25.953	41.737	37.537	1,154.70	188	
189	9.1411	18.611	1.0355	7.249	.02393	167.5	.04705	329.3	16.354	25.988	43.265	37.778	1,219.80	189	
190	9.3392	19.015	1.097	7.681	.02442	170.9	.04667	326.7	16.380	26.024	44.935	38.019	1,291.0	190	
191	9.5409	19.425	1.165	8.155	.02491	174.4	.04630	324.1	16.405	26.060	46.764	38.261	1,369.5	191	
192	9.7463	19.844	1.240	8.679	.02542	177.9	.04592	321.4	16.430	26.093	48.780	38.502	1,455.1	192	
193	9.9553	20.269	1.322	9.257	.02592	181.5	.04553	318.7	16.455	26.131	51.011	38.743	1,550.4	193	
194	10.1684	20.703	1.414	9.900	.02644	185.1	.04514	316.0	16.481	26.167	53.488	38.985	1,656.2	194	
195	10.385	21.143	1.517	10.629	.02697	188.8	.04474	313.2	16.506	26.202	56.265	39.226	1,775.0	195	
196	10.605	21.591	1.633	11.432	.02750	192.5	.04434	310.4	16.530	26.238	59.381	39.467	1,908.3	196	
197	10.829	22.048	1.765	12.352	.02805	196.3	.04394	307.6	16.556	26.273	62.918	39.709	2,059.6	197	
198	11.057	22.513	1.915	13.405	.02860	200.2	.04353	304.7	16.582	26.309	66.963	39.950	2,232.8	198	
199	11.289	22.985	2.089	14.620	.02916	204.1	.04312	301.8	16.607	26.344	71.630	40.191	2,432.7	199	
200	11.526	23.466	2.292	16.046	.02973	208.1	.04270	298.9	16.632	26.380	77.102	40.433	2,667.2	200	
201	11.766	23.955	2.532	17.725	.03031	212.2	.04228	296.0	16.657	26.415	83.543	40.674	2,943.0	201	
202	12.010	24.453	2.820	19.739	.03090	216.3	.04185	293.0	16.683	26.450	91.270	40.916	3,274.2	202	
203	12.259	24.960	3.173	22.212	.03149	220.5	.04142	290.0	16.708	26.486	100.750	41.158	3,679.6	203	
204	12.512	25.474	3.614	25.301	.03210	224.7	.04098	286.9	16.733	26.521	112.590	41.399	4,188.6	204	
205	12.769	25.998	4.181	29.269	.03272	229.0	.04054	283.8	16.758	26.556	127.80	41.640	4,840.5	205	
206	13.031	26.531	4.839	34.576	.03346	234.2	.04024	281.7	16.784	26.591	147.60	41.882	5,712.8	206	
207	13.297	27.073	6.000	42.000	.03398	239.9	.03965	277.5	16.809	26.620	176.56	42.124	6,932.3	207	
208	13.568	27.624	7.594	53.161	.03463	247.4	.03919	274.3	16.834	26.661	219.30	42.366	8,766.8	208	
209	13.843	28.184	10.248	71.736	.03528	247.0	.03873	271.1	16.859	26.696	290.44	42.608	11,820.3	209	
210	14.122	28.753	15.54	108.773	.03595	251.6	.03826	267.8	16.885	26.731	432.25	42.849	17,906	210	
211	14.407	29.332	31.49	220.451	.03667	256.7	.03779	264.5	16.910	26.765	859.82	43.090	36,260	211	

TABLE No. 14

Generation of Carbon Monoxide (CO) Pounds CO per Pound Stoichiometric Air.

Temp. °F	Excess Air							
	0	10%	20%	30%	50%	100%	150%	200%
For C ₁ H ₄ (carbon)								
1000								
1500	2.060E-07	1.407E-09	1.039E-09	8.827E-10	7.344E-10	5.997E-10	5.474E-10	5.193E-10
1832	9.544E-06	1.480E-07	1.093E-07	9.287E-08	7.725E-08	6.303E-08	5.758E-08	5.474E-08
2192	1.170E-04	6.110E-06	4.506E-06	3.827E-06	3.183E-06	2.597E-06	2.370E-06	2.249E-06
2500	4.830E-04	5.128E-05	3.778E-05	3.207E-05	2.666E-05	2.176E-05	1.985E-05	1.883E-05
3000	3.418E-03	9.796E-04	7.248E-04	6.159E-04	5.118E-04	4.174E-04	3.807E-04	3.610E-04
For C ₃ H ₄ (C ₁ H _{1.33})								
1000								
1500	2.591E-08	1.080E-09	7.968E-10	6.755E-10	5.606E-10	4.554E-10	4.149E-10	3.928E-10
1832	8.131E-06	1.137E-07	8.375E-08	7.105E-08	5.896E-08	4.791E-08	4.362E-08	4.133E-08
2192	8.858E-05	4.692E-06	3.454E-06	2.930E-06	2.429E-06	1.975E-06	1.796E-06	1.702E-06
2500	3.870E-04	5.468E-05	2.897E-05	2.456E-05	2.036E-05	1.653E-05	1.505E-05	1.425E-05
3000	2.792E-03	7.567E-04	5.574E-04	4.723E-04	3.912E-04	3.175E-04	2.889E-04	2.735E-04
For CH ₄								
1000	2.919E-10							
1500	8.122E-08	7.970E-10	5.418E-10	4.589E-10	3.799E-10	3.075E-10	2.794E-10	2.642E-10
1832	5.572E-06	7.749E-08	5.699E-08	4.828E-08	3.997E-08	3.236E-08	2.940E-08	2.778E-07
2192	6.161E-05	3.199E-06	2.350E-06	1.991E-06	1.647E-06	1.333E-06	1.204E-06	1.144E-06
2500	2.743E-04	2.686E-05	1.972E-05	1.669E-05	1.380E-05	1.116E-05	1.014E-05	9.581E-06
3000	2.022E-03	5.174E-04	3.801E-04	3.213E-04	2.654E-04	2.146E-04	1.946E-04	1.839E-04

Fuente: C. Brunner. 1984. Incineration Systems, Selection and Design. Incinerator Consultants Incorporated, USA. 417 pp

TABLE NO. 15

Thermodynamic Properties of Compressed Steam*

Temperature, K	Pressure, bar									
	0.1	0.5	1	5	10	20	40	60	80	100
<i>v</i>	16.12	1.027, -3	1.027, -3	1.027, -3	1.027, -3	1.026, -3	1.025, -3	1.024, -3	1.023, -3	1.023, -3
350 <i>h</i>	2644	321.7	231.8	322.1	322.5	323.3	324.9	326.4	328.1	329.7
<i>s</i>	8.327	1.037	1.037	1.037	1.037	1.036	1.035	1.034	1.032	1.031
<i>v</i>	18.44	3.67	1.827	1.067, -3	1.067, -3	1.066, -3	1.065, -3	1.064, -3	1.063, -3	1.061, -3
400 <i>h</i>	2739	2735	2730	533.1	533.4	534.1	536.8	539.6	538.2	539.6
<i>s</i>	8.591	7.431	7.502	1.601	1.600	1.599	1.597	1.595	1.593	1.592
<i>v</i>	20.75	4.14	2.063	0.410	1.124, -3	1.123, -3	1.121, -3	1.119, -3	1.118, -3	1.116, -3
450 <i>h</i>	2835	2833	2830	2804	749.0	749.8	750.8	751.9	753.0	754.1
<i>s</i>	8.811	8.061	7.736	6.949	2.110	2.107	2.105	2.102	2.099	2.097
<i>v</i>	23.07	4.61	2.295	0.452	0.221	0.104	1.201, -3	1.198, -3	1.196, -3	1.193, -3
500 <i>h</i>	2932	2931	2929	2912.4	2991.2	2839.4	975.9	976.3	976.8	977.3
<i>s</i>	9.012	8.261	7.944	7.177	6.823	6.422	2.578	2.575	2.571	2.567
<i>v</i>	27.7	5.53	2.76	0.548	0.271	0.133	0.0630	0.0396	0.0276	0.0201
600 <i>h</i>	3131	3130	3129	3120	3109	3087	3036	2976	2906	2820
<i>s</i>	9.374	8.630	8.309	7.560	7.223	6.875	6.590	6.224	5.997	5.775
<i>v</i>	32.3	6.46	3.23	0.643	0.319	0.158	0.0769	0.0500	0.0346	0.0283
700 <i>h</i>	3335	3335	3334	3328	3322	3307	3278	3247	3214	3179
<i>s</i>	9.692	8.946	8.625	7.877	7.550	7.215	6.864	6.644	6.431	6.334
<i>v</i>	36.9	7.38	3.69	0.736	0.367	0.182	0.0889	0.0589	0.0436	0.0343
800 <i>h</i>	3547	3546	3546	3542	3537	3526	3506	3485	3464	3442
<i>s</i>	9.971	9.228	8.908	8.161	7.837	7.507	7.151	6.965	6.809	6.685
<i>v</i>	41.5	8.31	4.15	0.829	0.414	0.206	0.102	0.0674	0.0501	0.0398
900 <i>h</i>	3765	3765	3764	3761	3757	3750	3737	3719	3704	3688
<i>s</i>	10.228	9.485	9.165	8.420	8.097	7.770	7.462	7.237	7.092	6.975
<i>v</i>	46.2	9.23	4.615	0.921	0.460	0.229	0.114	0.0758	0.0564	0.0449
1000 <i>h</i>	3990	3990	3990	3987	3984	3978	3967	3955	3944	3935
<i>s</i>	10.466	9.723	9.402	8.659	8.336	8.011	7.682	7.486	7.345	7.233
<i>v</i>	69.2	13.9	6.92	1.385	0.692	0.341	0.1730	0.1153	0.0865	0.0692
1500 <i>h</i>	5231	5228	5227	5224	5224	5221	5217	5212	5207	5203
<i>s</i>	11.47	10.77	10.40	9.66	9.34	9.015	8.693	8.503	8.368	8.262
<i>v</i>	93.0	18.6	9.26	1.850	0.925	0.462	0.231	0.1543	0.1157	0.0926
2000 <i>h</i>	6832	6734	6706	6662	6649	6639	6629	6623	6616	6616
<i>s</i>	12.38	11.58	11.25	10.48	10.15	9.828	9.503	9.313	9.178	9.073
<i>v</i>	123.7	24.0	11.90	2.35	1.171	0.583	0.291	0.1942	0.1457	0.1166
2500 <i>h</i>	10417	9330	9046	8621	8504	8413	8342	8307	8285	8259
<i>s</i>	13.95	12.73	12.28	11.35	10.80	10.62	10.26	10.06	9.920	9.810

* *v* = specific volume, m³/kg; *h* = specific enthalpy, kJ/kg; *s* = specific entropy, kJ/(kg·K). The notation 1.027, -3 signifies 1.027 × 10⁻³.

Fuente: C. Brunner, 1984. Incineration Systems, Selection and Design. Incinerator Consultants Incorporated, U.S.A. 417 p.p.

TABLE No. 16

Relative Toxicity of Cations

High Toxic Hazard	Precipitant ^a	Low Toxic Hazard	Precipitant ^a
Antimony	OH ⁻ , S ²⁻	Aluminum	OH ⁻
Arsenic	S ²⁻	Bismuth	OH ⁻ , S ²⁻
Barium	SO ₄ ²⁻ , CO ₃ ²⁻	Calcium	SO ₄ ²⁻ , CO ₃ ²⁻
Beryllium	OH ⁻	Cerium	OH ⁻
Cadmium	OH ⁻ , S ²⁻	Cesium	
Chromium (III) ^b	OH ⁻	Copper ^c	OH ⁻ , S ²⁻
Cobalt (II) ^b	OH ⁻ , S ²⁻	Gold	OH ⁻ , S ²⁻
Gallium	OH ⁻	Iron ^c	OH ⁻ , S ²⁻
Germanium	OH ⁻ , S ²⁻	Lanthanides	OH ⁻
Hafnium	OH ⁻	Lithium	
Indium	OH ⁻ , S ²⁻	Magnesium	OH ⁻
Iridium	OH ⁻ , S ²⁻	Molybdenum (VI) ^{b,d}	
Lead	OH ⁻ , S ²⁻	Niobium (V)	OH ⁻
Manganese (II) ^b	OH ⁻ , S ²⁻	Palladium	OH ⁻ , S ²⁻
Mercury	OH ⁻ , S ²⁻	Potassium	
Nickel	OH ⁻ , S ²⁻	Rubidium	
Osmium (IV) ^{b,e}	OH ⁻ , S ²⁻	Scandium	OH ⁻
Platinum (II) ^b	OH ⁻ , S ²⁻	Sodium	
Rhenium (VII) ^b	S ²⁻	Strontium	SO ₄ ²⁻ , CO ₃ ²⁻
Rhodium (III) ^b	OH ⁻ , S ²⁻	Tantalum	OH ⁻
Ruthenium (III) ^b	OH ⁻ , S ²⁻	Tin	OH ⁻ , S ²⁻
Selenium	S ²⁻	Titanium	OH ⁻
Silver	Cl ⁻ , OH ⁻ , S ²⁻	Yttrium	OH ⁻
Tellurium	S ²⁻	Zinc ^c	OH ⁻ , S ²⁻
Thallium	OH ⁻ , S ²⁻	Zirconium	OH ⁻
Tungsten (VI) ^{b,d}			
Vanadium	OH ⁻ , S ²⁻		

^aPrecipitants are listed in order of preference:

OH⁻ = base (sodium hydroxide or sodium carbonate)

S²⁻ = sulfide

Cl⁻ = chloride

SO₄²⁻ = sulfate

CO₃²⁻ = carbonate

^bThe precipitant is for the indicated valence state.

^cMaximum tolerance levels have been set for these low-toxicity ions by the U.S. Public Health Service, and large amounts should not be put into public sewer systems. The small amounts typically used in laboratories will not normally affect water supplies.

^dThese ions are best precipitated as calcium molybdate or calcium tungstate.

^eCAUTION: OsO₄, a volatile, extremely poisonous substance, is formed from almost any osmium compound under acid conditions in the presence of air.

TABLA No. 17

Relative Hazard of Anions

High-Hazard Anions			
Ion	Hazard Type ^a	Precipitant	Low-Hazard Anions
Aluminum hydride, AlH ₄ ⁻	F	—	Bisulfite, HSO ₃ ⁻
Amide, NH ₂ ⁻	F, E ^b	—	Borate, BO ₃ ³⁻ , B ₄ O ₇ ²⁻
Arsenate, AsO ₃ ⁻ , AsO ₄ ³⁻	T	Cu ²⁺ , Fe ²⁺	Bromide, Br ⁻
Arsenite, AsO ₂ ⁻ , AsO ₃ ³⁻	T	Pb ²⁺	Carbonate, CO ₃ ²⁻
Azide, N ₃ ⁻	E, T	—	Chloride, Cl ⁻
Borohydride, BH ₄ ⁻	F	—	Cyanate, OCN ⁻
Bromate, BrO ₃ ⁻	O, E	—	Hydroxide, OH ⁻
Chlorate, ClO ₃ ⁻	O, E	—	Iodide, I ⁻
Chromate, CrO ₄ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻	T, O	^c	Oxide, O ²⁻
Cyanide, CN ⁻	T	—	Phosphate, PO ₄ ³⁻
Ferricyanide, Fe(CN) ₆ ³⁻	T	Fe ²⁺	Sulfate, SO ₄ ²⁻
Ferrocyanide, Fe(CN) ₆ ⁴⁻	T	Fe ³⁺	Sulfite, SO ₃ ²⁻
Fluoride, F ⁻	T	Ca ²⁺	Thiocyanate, SCN ⁻
Hydride, H ⁻	F	—	
Hydroperoxide, O ₂ H ⁻	O, E	—	
Hydrosulfide, SH ⁻	T	—	
Hypochlorite, OCl ⁻	O	—	
Iodate, IO ₃ ⁻	O, E	—	
Nitrate, NO ₃ ⁻	O	—	
Nitrite, NO ₂ ⁻	T, O	—	
Perchlorate, ClO ₄ ⁻	O, E	—	
Permanganate, MnO ₄ ⁻	T, O	^d	
Peroxide, O ₂ ²⁻	O, E	—	
Persulfate, S ₂ O ₈ ²⁻	O	—	
Selenate, SeO ₄ ²⁻	T	Pb ²⁺	
Selenide, Se ²⁻	T	Cu ²⁺	
Sulfide, S ²⁻	T	^e	

^aToxic, T; oxidant, O; flammable, F; explosive, E.

^bMetal amides readily form explosive peroxides on exposure to air (see this chapter, Section III.C.7).

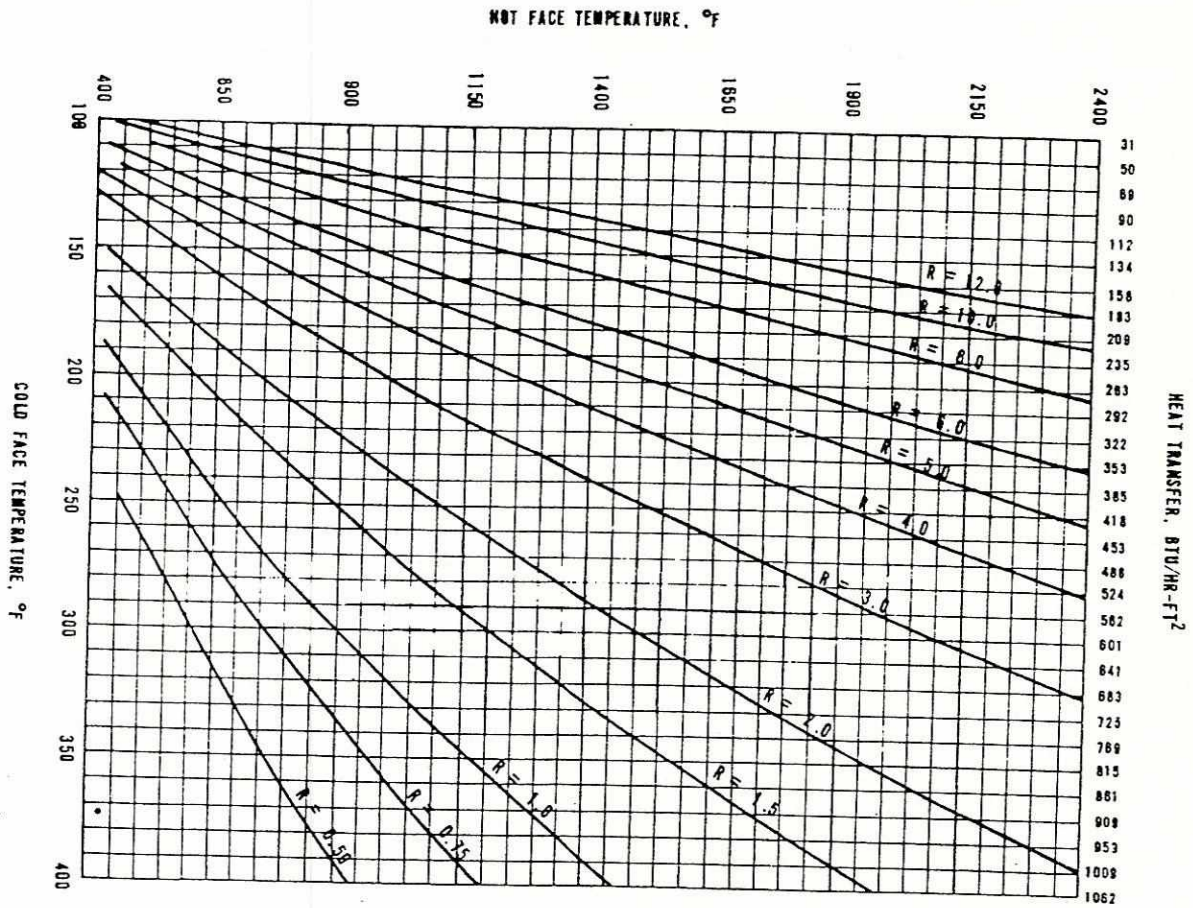
^cReduce and precipitate as Cr(III); see Table 6.1.

^dReduce and precipitate as Mn(II); see Table 6.1.

^eSee Table 6.3.

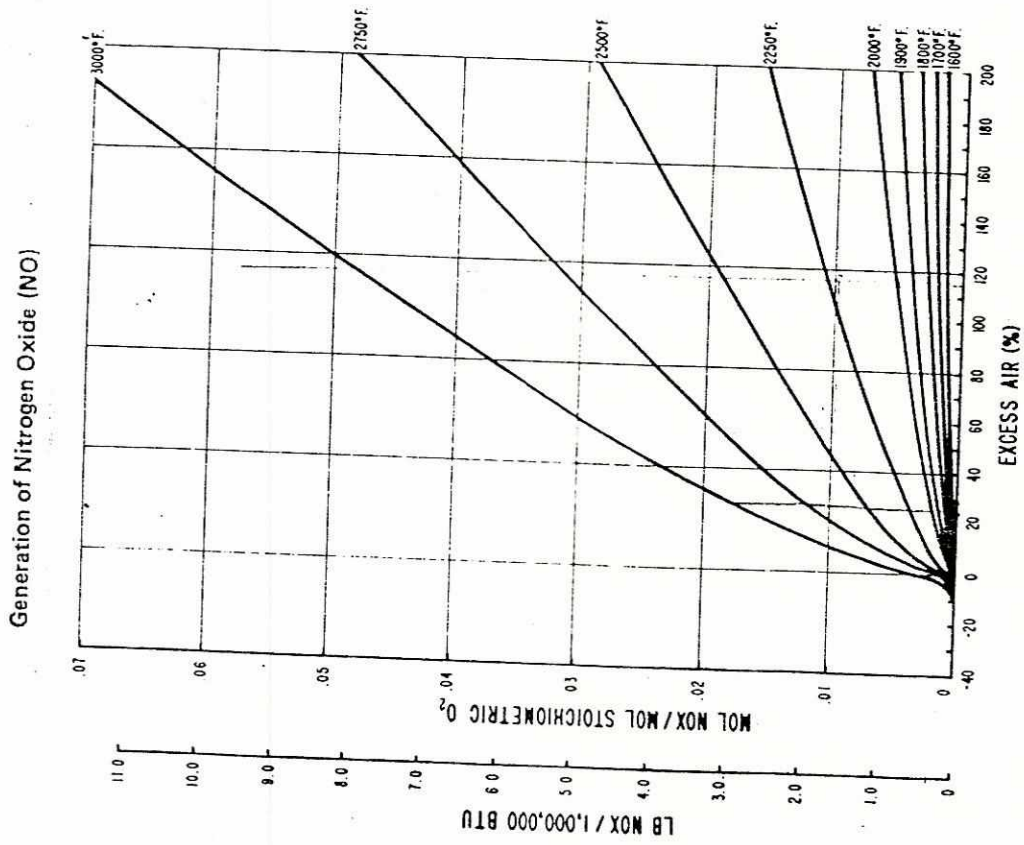
FIGURA No. 4
 GRAFICA DE RESISTENCIA

EMISIVIDAD = 0.9, PARED VERTICAL



Fuente: C. Brunner. 1984. Incineration Systems, Selection and Design; Incinerator Consultants Incorporated, USA. 417 pp

FIGURA No. 5



Fuente: C. Brunner. 1984. Incineration Systems, Selection and Design. Incinerator Consultants Incorporated, USA. 417 pp

ANEXO No. 3

SUGERENCIAS DE PROCEDIMIENTOS

A SEGUIR EN EL LABORATORIO

1. Se debe tener suficientes frascos o recipientes para guardar todos los desechos producidos.

2. Se deben tener etiquetas especialmente diseñadas para el control del contenido de los frascos de desechos. Esta etiqueta debe contener información como: departamento, persona responsable, curso, salón, fecha de producción del desecho, identificación del material, concentraciones, cantidad total, toxicidad, forma de desechar y observaciones adicionales.

3. Se debe proporcionar al usuario del laboratorio un frasco o recipiente adecuado con su etiqueta (que deberá completar los datos iniciales en el momento de recibirla, y completarla al terminar de trabajar). De esta forma se evitará que por falta de recipientes, se hagan mezclas en cualquier frasco que se encuentre y luego no se sepa el contenido del frasco y no haya responsable.

4. Si es posible, se debe exigir al profesor o auxiliar que al sacar material de bodega se haga entrega de los frascos de desechos de la practica de la semana anterior o por lo menos los de 2 semanas anteriores.

En caso de ser el profesor o el auxiliar, éste le debe exigir a los alumnos que coloquen sus desechos en el lugar apropiado. El sistema de control tendrá que ser elegido por el profesor, pero se debe cumplir, ya que el profesor también estará presionado a entregar los desechos de su práctica de laboratorio.

5. No se deben utilizar las campanas de absorción como depósito de reactivos o frascos de desechos. No permitir que se acumulen frascos de desecho en un solo lugar, para lo que debe haber una inspección periódica a todas las campanas de los laboratorios. Si se encuentra un frasco de desecho abandonado o sin identificación se debe buscar a la persona que trabajó en ese lugar y hacerla responsable del contenido del frasco.

6. Se debe llevar un inventario de los desechos que van colocando en la bodega respectiva. NO DEBERÁ ENTRAR UN FRASCO SI NO ESTA IDENTIFICADO E INVENTARIADO.

7. En caso que aún así se encuentre un frasco sin identificar, se debe tratar de la siguiente manera: Si se tiene el caso de una mezcla de reacción, se debe tratar de identificar el área de donde proviene. Esto dará una idea de lo que contiene el recipiente. El tamaño del recipiente puede ser muy informativo; un frasco grande lo mas seguro es que contiene algo común. Observar si es liquido o solido, si es viscoso o fluido. Comprobar si es ácido o básico con papel pH.

Se debe probar la propiedad de flamabilidad del contenido colocando 0.1g de la sustancia en un recipiente de porcelana y se le prende fuego. Si la sustancia se quema se debe observar el tipo de flama que se produce. Se le debe también hacer una prueba de llama con un alambre; los compuestos halogenados producen una llama verde.

Se debe hacer una prueba de solubilidad en agua, hidróxido de sodio diluido, ácido clorhídrico diluido y ácido sulfúrico concentrado.

Generalmente los resultados de estos tests proveerán la información suficiente sobre un químico desconocido como para decidir en un método seguro para su disposición.

8. Se deberán seguir los procedimientos de incineración y disposición de inorgánicos, según sea especificado por las autoridades de la universidad.

ANEXO No.4

PROCEDIMIENTOS PARA PRE-TRATAMIENTO
DE ALGUNOS QUÍMICOS INORGÁNICOS

1. AGENTES OXIDANTES:

Los hipocloritos, cloratos, bromatos, yodatos, peryodatos, peróxidos inorgánicos, persulfatos, cromatos, molibdatos y permanganatos se reducen con bisulfito de sodio.

Una solución diluida (<5%) de las sales o que contienen estos aniones se debe llevar a un pH < 3 con ácido sulfúrico y un exceso de 50% de bisulfito de sodio acuoso se debe agregar agitando constantemente. Un incremento de temperatura indica que la reacción se está llevando a cabo. Luego de reducirlos, deben neutralizarse a pH 7 y se pueden preparar para depositarlos en el relleno o en el pozo.

El ácido perclórico no se reduce con bisulfito. Lo mejor es diluirlo con agua muy fría a una concentración menos de 5% y neutralizarlo con hidróxido de sodio acuoso.

2. HIDRUIROS DE METAL:

Los hidruros comunes son: Hidruro de litio-aluminio, borohidruro de sodio, hidruro de sodio, hidruro de calcio. La mayoría de ellos pueden descomponerse por una adición gradual de metanol, etanol, n-butanol o t-butanol a una solución o suspensión enfriada del hidruro en un líquido inerte como éter, tetrahidrofuran o tolueno en nitrógeno.

3. COMPUESTOS NO MUY TÓXICOS

Los compuestos con los aniones o cationes que se observan en las columnas derechas de las tablas No. 16 y 17. no son considerados muy peligrosos. Sin embargo las soluciones que contengan estos compuestos se deben pretratar. El procedimiento es agregar suficiente agua en exceso, luego ajustar el pH a neutro y preparar para disposición en relleno.

4. COMPUESTOS TÓXICOS

En términos simples son aquellos que se componen de los aniones o cationes que se encuentran a la izquierda en las tablas No. 16 y 17. Estos compuestos se deben tratar con mucha cautela. Lo mejor es precipitarlos para poder disponer de ellos de una forma mas segura, pues se tiene menos riesgos de reacción en estado solido que en liquido. Muchos de los cationes se pueden precipitar como hidróxidos o sulfuros por tratamiento con sulfuro de sodio en una solución de pH neutro.

ANEXO No.5

ALGUNOS BOLETINES CREADOS

POR EL COMITÉ DE SEGURIDAD DE LABORATORIOS

- A: Catedráticos, instructores y supervisores de actividades de laboratorios de docencia e investigación.
- De: Comité de Seguridad de Laboratorios.
(Dr. Michael Dix, Lic. Víctor Cortez, Lic. Margarita Selle)
- Sobre: Materiales de desecho (vidrio, sustancias químicas, materiales biológicos, materiales radiactivos, etc.).

Con el objeto de lograr que el ambiente de trabajo en la institución sea seguro, solicitamos su colaboración para que los materiales de desecho producidos en sus laboratorios sean del menor riesgo y de la menor cantidad posible y además, cumplan con ser:

- bien conocidos en cuanto a su naturaleza, riesgo y forma a tratar y desechar;
- adecuadamente tratados por ustedes mismos, si ese es el caso;
- adecuadamente envasados, rotulados y entregados para ser tratados por el personal de laboratorios de la institución, si ese es el caso.

A continuación damos algunas indicaciones generales sobre manejo y tratamiento de desechos, acerca de las cuales solicitamos informen a sus auxiliares y alumnos. Si tienen alguna sugerencia o duda respecto al tema, agradeceremos nos consulten, en bien de la seguridad.

I. Vidrio

- A. Si no está contaminado, debe ser depositado en los recipientes que se han puesto en los laboratorios, específicamente para ello.
- B. Si está contaminado, debe ser adecuadamente tratado, con altas temperaturas o con sustancias químicas, antes de ser depositado en los recipientes arriba mencionados.

LOS DESECHOS DE VIDRIO NO DEBEN MEZCLARSE CON DESECHOS DE OTRAS CLASES PUES LA FORMA A TRATARLOS ES DIFERENTE.

II. Sustancias químicas

- A. Si están disueltas en medio acuoso y, además se tiene que:
 1. el medio es neutro y las sustancias no son tóxicas ni oxidantes, pueden ser desechadas en los desagües de los laboratorios y así quedarán en un pozo químico específico;
 2. el medio o las sustancias no cumplen con alguno de los requisitos señalados en II.A.1., deben ser adecuadamente envasadas y rotuladas (pedir frascos y etiquetas especiales en las bodegas de Química o Biología), y deben ser entregadas al personal de laboratorios de la institución. Este personal las tratará con agua, cal, arena y cemento, para mineralizarlas.

- B. Si están disueltas en medio no acuoso deben ser envasadas, rotuladas y entregadas según lo indicado en II.A.2. El personal las incinerará.
- C. Si se trata de sustancias sólidas, éstas deberán ser disueltas y se debe proceder siguiendo lo indicado en II.A. o II.B.

NO DEBEN MEZCLARSE FASES ACUOSAS CON NO ACUOSAS PUES LLEVAN DIFERENTE TRATAMIENTO.

- D. Si se trata de mercurio que fue utilizado en termómetros u otros aparatos, éste debe ser recogido completamente, sin dejar residuos, y en un frasco cerrado debe ser entregado en el laboratorio C-204, donde se le hace el tratamiento correspondiente para limpiarlo y poder volver a usarlo. (Los pedazos de los termómetros rotos también deben ser entregados).
- E. Si se trata de desechos que contienen plata o compuestos de ésta, deben ser envasados, rotulados y entregados en el laboratorio, C-204, donde por electrodeposición se recupera la plata.

III. Materiales biológicos

- A. Si no contienen organismos patogénicos, los materiales deben ser sellados dentro de bolsas plásticas y entregados al personal de laboratorios de la institución, para ser desechados. El personal los enterrará en lugares y formas apropiadas.
- B. Si contienen organismos patogénicos, deben ser adecuadamente tratados por ustedes mismos destruyéndolos, si posible a altas temperaturas, o si no, con sustancias químicas. Luego:
 - 1. si con este tratamiento se elimina la patogenicidad y la toxicidad del material, éste puede desecharse según lo indicado en III.A.;
 - 2. si después del tratamiento aún hay toxicidad, el material debe ser envasado y rotulado (pedir frascos y etiquetas especiales en la bodega de Biología), y luego entregado al personal de laboratorios de la institución para ser desechado. El personal, de acuerdo con este Comité, les dará tratamiento apropiado, según el caso.

DENTRO DE LO POSIBLE EVITEN UTILIZAR ORGANISMOS PATOGENICOS EN SUS LABORATORIOS. SI REALMENTE REQUIEREN EL USO DE MATERIALES CON ORGANISMOS PATOGENICOS, DEBEN SOLICITAR AUTORIZACION PARA ELLO A LA DIRECCION DE SU DEPARTAMENTO O INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTES DE TRAER TAL MATERIAL A LA INSTITUCION. SI LA DIRECCION CORRESPONDIENTE AUTORIZA LA ACTIVIDAD, TENDRA LA RESPONSABILIDAD DE SUPERVISARLA Y DE NOTIFICAR A ESTE COMITE AL RESPECTO.

IV. Materiales radiactivos

LA ADQUISICION Y EL TRABAJO CON MATERIALES RADIATIVOS ESTAN RESTRINGIDOS A LOS PROFESIONALES QUE ESTEN DEBIDAMENTE ENTRENADOS PARA ELLO Y QUE RECIBAN LA AUTORIZACION DE LA DIRECCION DE SU DEPARTAMENTO O INSTITUTO DE INVESTIGACIONES. SI LA DIRECCION CORRESPONDIENTE AUTORIZA LA ACTIVIDAD, TENDRA LA RESPONSABILIDAD DE SUPERVISARLA Y DE NOTIFICAR A ESTE COMITE AL RESPECTO. CADA CASO DEBERA SER TRATADO EN FORMA ESPECIFICA, EN TODOS SUS ASPECTOS, INCLUYENDO EL DE DESECHAMIENTO DE MATERIALES.

A: Catedráticos, instructores y auxiliares de laboratorios de ciencias e ingenierías

De: Comité de Seguridad de Laboratorios.
Dr. Michael Dix, Lic. Víctor Cortez, Licda. Margarita Selle

Sobre: Prevención de accidentes en los laboratorios

Por este medio queremos recordarles algunos puntos básicos para la prevención de accidentes en los laboratorios.

1. Velar por el cumplimiento de los reglamentos de laboratorio, insistiendo en la importancia de ello y dando un buen ejemplo.
2. Revisar detenidamente y si es necesario modificar las prácticas a asignar a los estudiantes para que éstas conlleven el menor riesgo posible; minimizar el trabajo con patógenos, sustancias inflamables, explosivas o tóxicas, radiación y voltaje de alto riesgo, etc.
3. Tener conocimiento de los riesgos que conllevan las prácticas y tomar las precauciones generales y específicas necesarias para el caso. Ser especialmente cuidadoso en el trabajo con materiales como vidrio, mercurio, vapores y líquidos corrosivos, radiación, alto voltaje, etc.
4. No llevar a cabo una práctica si no se cuenta con el equipo de trabajo y el equipo de protección necesario para así minimizar las posibles causas de incendios, explosiones, intoxicación u otro daño corporal, daño a equipo, etc.
5. Supervisar con detenimiento el trabajo y no dejar desatendidos sistemas en funcionamiento.
6. Sustituir, dentro de lo posible, los termómetros y manómetros de mercurio por otros con líquidos cuyo derrame, en caso de ruptura, no sea tan peligroso.
7. Manejar los desechos (vidrio, sustancias químicas, materiales biológicos, materiales radiactivos, etc.) según lo indicó este comité en memorandum fechado 4/IV/90, con todas las precauciones del caso.

Agradecemos su atención a la presente comunicación y contamos con su colaboración para minimizar los accidentes en nuestros laboratorios.

¡LA SEGURIDAD ES RESPONSABILIDAD DE TODOS Y DE CADA UNO!

MATERIAL INFORMATIVO SOBRE
"SEGURIDAD EN LOS LABORATORIOS "

GENERAL

- American Red Cross. Standard First Aid And Personal Safety. 2nd ed. American Red Cross. U.S.A. 1979.
- Caroline, N.L. Emergency Care In The Streets. (Text and workbook) 1st. ed. Little, Brown and Co. 1979. U.S.A.
- Hoover, R. et al. Health, Safety And Environmental Control. Van Nostrand Reinhold. 1989 U.S.A.
- Mahn, W.J. Fundamentals of Laboratory Safety, Physical Hazards in the Academic Laboratory. Van Nostrand Reinhold. 1991. U.S.A.
- Steere, N.V. Handbook of Laboratory Safety 2nd. ed. CRC Press. 1971 U.S.A.
- Rose, S.L. Clinical Laboratory Safety. Van Nostrand Reinhold. 1984. New York. U.S.A.
- Compressed Gas Association, Inc. Handbook of Compressed Gases. Third Edition. Van Nostrand Reinhold. 1990. U.S.A.
- Ruano, F.L., Alfaro, H.R. Guía Curricular de Seguridad e Higiene. Departamento de Medicina Preventiva, Sección de Seguridad e Higiene y Prevención de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. 1989. Guatemala.
- Hackett, W.J., Robbins, G.P. Manual Técnico de Seguridad (Trad. J. Naves Ruiz) Representaciones y Servicio de Ingeniería, S.A. 1989. México.

BIOLOGIA:

- Melby, E.C. Altman, N.H. "Biohazard Control" in Handbook of Laboratory Animal Science. Vol 1. CRC Press. 1974. USA.
- Miller, B.M. Laboratory Safety: Principles And Practices (microbiological laboratory). American Society For Microbiology. 1986. U.S.A.
- Laskin, A.I., Lechevalier, H.A. (Eds.) "Safety Rules for Infectious Disease Laboratories" in Handbook of Microbiology, Vol. I. CRC Press. 1973. USA.

FISICA:

Gustafson, D.R. "Electrical Safety", "Radiation Safety" in Physics: Health and the Human Body. Wadsworth Publishing Co. 1980. USA,

Pressley, R.J. Handbook of Lasers With Selected Data on Optical Technology. CRC Press. 1971. USA.

Wang, Y. Handbook of Radioactive Nuclides. CRC Press. 1969. USA.

QUIMICA:

American Chemical Society. Safety in Academic Chemistry Laboratories 4th. ed. ACS. 1985. USA.

Bretherick, L. Hazards in the Chemical Laboratory. 3rd. Ed. The Royal Society of Chemistry. 1981. England.

Forsberg, K. Mansdorf, S.Z. Quick Selection Guide to Chemical Protective Clothing. Van Nostrand Reinhold. 1989. USA.

Lefevre, M.C. First Aid Manual For Chemical Accidents. Van Nostrand Reinhold. 1989. USA.

National Fire Protection Association. Fire Protection For Laboratories Using Chemicals. NFPA. 1986. USA.

National Fire Protection Association. Fire Protection Guide On Hazardous Materials. 9th ed. NFPA. 1986. USA.

National Research Council. Prudent Practices For Disposal Of Chemicals From Laboratories. National Academy Press. 1983 USA.

National Reserch Council. Prudent Practices For Handling Chemicals in Laboratories. National Academy Press. 1981 USA.

Pipitone, D.A. (Ed). Safe Storage of Laboratory Chemicals. John Wiley & Sons. 1984. USA.

Pitt, M.J., Pitt, E. Handbook of Laboratory Waste Disposal. Ellis Horwood Series in Chirical Science. John Wiley & Sons. 1985. England.

Proctor, N. Hughes, J. Fischman, M. Chemical Hazards of the Workplace 2nd. Edition. Van Nostrand Reinhold. 1989. USA.

Sigma-Aldrich Corporation. The Sigma-Aldrich Library of Chemical Safety Data. Vols. 1 & 2. 2nd. Edition Sigma-Aldrich Corp, 1988. USA.

Sunshine, I. (Ed) Handbook of Analytical Toxicology. CRC Press. 1969. USA.

Young, J. Improving Safety in the Chemical Laboratory. John Wiley & Sons. 1987. USA.

INDUSTRIAL:

Kelly, R. Industrial Emergency Preparedness. Van Nostrand Reinhold 1989. USA.

Petterson, J. Industrial Health. 1st. ed. Prentice Hall. 1977. USA.

Sax. N. Dangerous Properties of Industrial Materials. 3 Vols. 7th. ed. Van Nostrand Reinhold. 1989. USA.

Workers Compensation Board. Industrial First Aid: A Reference And Training Manual. 2nd Ed. Van Nostrand Reinhold. 1991. Canada.

AGRONOMIA:

Clark, S. (Ed) Seguridad en la Maquinaria Agrícola. Serie Fundamentos de Funcionamiento de Maquinaria (FMO). Deere & Co. 1974. USA.

INTECAP. Envenenamiento por Plaguicidas: Primeros Auxilios en el Lugar de Accidentes. INTECAP. 1991. Guatemala

Ware, G. Pesticides, an Auto-tutorial Approach. 1st. ed. Freeman and Co. 1975. USA.

PLAN DE ACTIVIDADES PARA 1993

1. SOLICITUDES DE COLABORACION

- A Directores de área, departamentos y programas: coordinación pertinente de aspectos de seguridad, con profesores, instructores y supervisores.
- A Instructores y Supervisores de laboratorios de docencia e investigación: formación de buenos hábitos de trabajo y cumplimiento de reglamentos de seguridad, con auxiliares y alumnos.
- A Administración de laboratorios: entrenamiento a bodegueros en asuntos de seguridad, recabación de informes de accidentes, recolección y tratamiento de desechos, otros.
- A Encargado de mantenimiento: trabajos en instalaciones y servicios que afectan la seguridad.
- A Consejo directivo:
 - . Señalización de localización de equipo para emergencias.
 - . Adquisición e instalación de equipo faltante para emergencias (extinguidores, alarmas, botiquines y camillas).
 - . Asignación de espacio físico e implementación de enfermería.
 - . Construcción de bodega para sustancias químicas y de contenedor para materiales radiactivos.
 - . Ampliación del programa de tratamiento de accidentes.
 - . Otros.

2. CURSILLOS, CONFERENCIAS, INSPECCIONES Y SEGUIMIENTO

- Organización de cursillos: (calendario tentativo)
 - . Prevención y extinción de incendios, 1er. ciclo.
 - . Prevención de accidentes y primeros auxilios, ciclo de verano.
 - . Medidas de seguridad en situaciones de emergencia de tipo general, 2o. ciclo.
- Organización de conferencias: (calendario tentativo)
 - . Seguridad en el trabajo con computadoras y otros equipos, ciclo de verano.
 - . Seguridad industrial, 2o. ciclo.
- Inspecciones a laboratorios y bodegas:
 - . Anual, general.
 - . Esporádicas, a áreas de mayor riesgo.
- Seguimientos a:
 - . Producción, manejo y tratamiento de desechos.
 - . Trabajo con radiactividad, patógenos y otros de alto riesgo.

3. MATERIAL INFORMATIVO Y EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL

- Revisión de literatura y elaboración y distribución de material informativo adicional.
- Renovación de exposición en cartelera.
- Solicitud de nuevas publicaciones para la biblioteca y de equipo de seguridad personal para venta.