T
676.121
C436

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN INCINERADOR DE LOS DESPERDICIOS DE PULPA DE MADERA Y PAPELES.

ESPOL 1958 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CIB
D-7559

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

JUAN CHALEN PONCE.

GUAYAQUIL - ECUADOR

1987

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTO

AL Ing. MARCO PAZMIÑO B. Director de Tesis, por su ayuda y colaboración para la realizacion de este trabajo.

A la Compañía Johnson and Johnson del Ecuador S. A., al personal de la Escuela Superior Politécnica del Litoral y a todas las personas, amigos y compañeros, de estudio y de trabajo, que oportuinamente supieron brindarme su apoyo y colaboración.

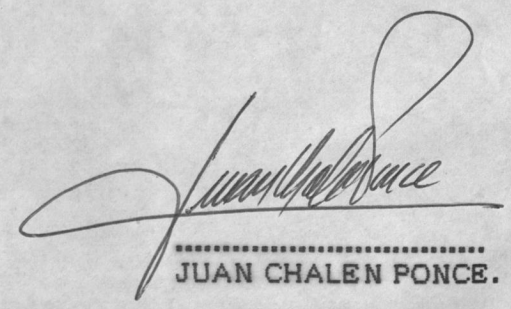
DEDICATORIA

A LA MEMORIA DE MI PADRE
A MI MADRE
A MI ESPOSA e HIJOS
A MIS HERMANOS

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



.....
JUAN CHALEN PONCE.

ING. EDUARDO ORCES P.
Decano de la Facultad de
Ingeniería Mecánica.

ING. MARCO PAZMIÑO B.
Director de Tesis.

ING. EDUARDO RIVADENEIRA.
Miembro del Tribunal.

ING. EDMUNDO VILLACIS
Miembro del Tribunal.

RESUMEN

La eliminación de los residuos es en nuestro pais un problema tanto doméstico asi como industrial.

En esta tesis se aplica la incineración como una solución al mencionado problema.

La investigación se hace con los desperdicios de la Industria Johnson and Johnson, compañía que cumpliendo con sus políticas de higiene, tambien brindó el respaldo económico para la construcción del incinerador.

En los laboratorios de la ESPOL, se analizaron las características generales de los desperdicios, tales como la densidad, la composición porcentual de mezcla, temperaturas de combustión, etc.

Luego del análisis de laboratorio y algunas experiencias prácticas de la incineración se procedió a diseñar su forma y otras características , para luego contruir el dispositivo.

La planificación de la construcción se la describe con la definición de las actividades y la elaboración del cronograma de su ejecución por medio de la Técnica PERT.

La evaluación , conclusiones y recomendaciones se incluyen como un resumen de la experiencias obtenidas en los inicios de la operación del incinerador. Estas mismas experiencias y otras de los autores de esta tesis, estudiante y director

hicieron la posibilidad de incluir las Guias de Operación y Mantenimiento del Equipo, como una forma de asesorar al correcto manejo por parte de quienes tengan el cuidado permanente del mismo.

I N D I C E G E N E R A L

DESCRIPCION	Pag.
RESUMEN	6
Indice General	8
Indice de figuras	11
Indice de Abreviaturas	12
Indice de Tablas	14
Indice de Planos	15
Indice de Fotografías	16
Introducción	17
CAPITULO I :FACTIBILIDAD	19
1.1 Objetivos y Justificación	19
1.2 Especificaciones a satisfacer	20
1.3 Alcance Económico	22
CAPITULO II :INGENIERIA DEL PROYECTO	25
2.1 Diseños de Ingeniería Mecánica	25
2.1.1 Alimentación	37
2.1.2 Horno	40
2.1.3 Depositador de Cenizas	60
2.1.4 Depurador de Humos	65
2.1.5 Chimenea	68
2.1.6 Suministros	75
2.2 Diseños de Ingeniería Eléctrica	76
2.3 Diseños de Ingeniería Civil	78

DESCRIPCION	Pag.
CAPITULO III:CONSTRUCCION E INSTALACION	83
3.1 Sitio del Montaje	83
3.2 Selección de Materiales	86
3.3 Procedimiento de Construcción	87
CAPITULO IV :COSTOS DE CONSTRUCCION	103
4.1 Costos de Los Materiales	104
4.2 Costos de la Mano de Obra	112
4.3 Costo Total	113
CAPITULO V :REALIZACION DE PRUEBAS Y EXPERIMENTACION	114
5.1 Velocidad de Incineración	114
5.2 Calidad de Depuración	116
5.3 Arrastre de la Chimenea	116
CAPITULO VI:EVALUACION	
6.1 Horno	118
6.2 Depurador de Humo	123
6.3 Consumo de Energía	125
CAPITULO VII:ARRANQUE INICIAL Y MANTENIMIENTO	127
7.1 Guía de Arranque Inicial	127
7.2 Guía de Operación	128
7.3 Guía de Mantenimiento Preventivo y Reparaciones	131

DESCRIPCION Pag.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 133

APENDICES 136

BIBLIOGRAFIA 173

PLANOS EN LA CONTRAPORTADA

I N D I C E D E F I G U R A S

No	Descripción	Pag.
1	Esquema General del Incinerador	28
2	Distribución General del Area	29
3	Tolva de Alimentación	38
4	Ladrillo Alfadomus	46
5	Diagrama de Energía del Incinerador	49
6	Curva Entalpía vs Temperatura para Gases de combustión	51
7	Coeficiente Total de Transferencia de Calor	54
8	Sección Transversal Propuesta para las Paredes	55
9	Conductividad Media de Materiales Refractarios	57
10	Conformación Transversal de las Paredes	58
11	Cámara Colectora de Cenizas	61
12	Gráfico Velocidad vs Area	64
13	Diagrama del Circuito Eléctrico	77
14	Medidas de la Base	80
15	Diseño a la Flexión	81
16	Armadura de la Base	82
17	Ubicación de los Terrenos de Johnson and Johnson	84
18	Ubicación y Orientación del Incinerador	85
19	Diagrama PERT de la Obra	93
20	Instalación Recomendada del Depurador	126

INDICE DE ABREVIATURAS

ABREV.	DESCRIPCION
A	Area de Transferencia de Calor del Incinerador
A/C	Relación Aire Combustible
Ab	Area de la Base
C	Perimetro de la Chimenea
c	Coeficiente de Cohesión del Suelo
Cp	Calor Específico a Presión Constante
D	Diámetro de la Chimenea
Dd	Densidad de los Desperdicios
Dt	Arrastre teórico de la Chimenea
Dch	Pérdidas en la Chimenea
d	Altura de la Base
d'	Arrastre Util de la Chimenea
e2	Espesor de las Paredes de Refractarios
e3	Espesor de la Cámara de Aire
e4	Espesor de la Plancha de Galvanizado
H	Altura de la Cámara de Combustión
H'	Altura de la Chimenea
Hwfg	Entalpía de los Gases con 6% de Humedad
ht	Coeficiente Total de Transferencia de Calor
k	Conductividad Térmica de Materiales Refractarios
Mu	Momento último de flexión
Mr	Factor de Carga del Suelo
Nq	Factor de Carga del Suelo
n	Factor de Seguridad
P	Peso del Incinerador
Pa	Presión Atmosférica
Pb	Peso de la base
Qd	Poder Calorífico de los Desperdicios
Qa	Poder Calorífico del Aire.
Qe	Calor Emitido a Travez de las Paredes
Qg	Poder Calorífico de los Gases de Combustión
Qr	Calor radiante de los gases a las paredes
Qc	Calor por convección de los gases
qnf	Capacidad Soportante del Suelo
Sp	Superficie de las parrillas
T*	Temperatura de Entalpía Cero
Tg	Temperatura de los gases
To	Temperatura Ambiente del aire.
Ts	Temperatura de la Superficie Interior del Incinerador

Tb	Temperatura Promedio entre To y Ts
Vc	Esfuerzo de Corte Admisible en el Suelo
Vh	Volúmen de la Cámara de Combustión
Wc	Factor de carga del suelo
Wg	Peso específico del Gas de Combustión.
Wa	Flujo del Aire de Combustión.
Wd	Carga Específica de Desperdicios.

I N D I C E D E T A B L A S

No	Descripción	Pag.
1	Cuadro Comparativo de las Alternativas	22
2	Costo Estimado de la Construcción Local	23
3	Composición Gravimétrica de los Desperdicios	32
4	Nivel de Desperdicios en Johnson and Johnson	33
5	Determinación del Poder Calorífico de los Desperdicios	35
6	Equivalencias para el Análisis de Copmbustión del Diesel	42
7	Conductividades Térmicas de Líquidos, Gases, Aire y Vapor	59
8	Lista de Materiales Selectos	87
9	Cálculos de Tiempos de Construcción (PERT)	94
10	Costos de la Base	104
11	Costos de la Cámara de Combustión	105
12	Costos del Depurador de Humos	106
13	Costos de la Chimenea	107
14	Costos de la Plataforma de Carga	108
15	Costos de la Cubierta	109
16	Costos del Contrapiso	110
17	Resumen de los Costos de Materiales	111
18	Costos de la Mano de Obra	112
19	Costo Total	113
20	Temparaturas y Carga Real del Incinerador	120
21	Temperaturas del Depurador	124

I N D I C E D E P L A N O S

(En la contraportada)

No	Descripción
040	Distribución General y Servicios
041	Montaje General
041-2	Chimenea
041-3	Losa
041-4	Base
041-5	Alimentación
041-6	Cámara de Incineración
041-6-2	Estructura General
041-7	Depurador de Humos

I N D I C E D E F O T O G R A F I A S

No	Descripción	Pag.
1	Aspecto General del Sitio de Montaje	95
2	Trazado,Replanteo y Nivelación del Terreno	95
3	Base	96
4	Aspecto de la Estructura Principal	96
5	Tolva de Alimentación	97
6	Construcción de la Cámara de Combustión	97
7	Planchas de Galvanizado Instaladas	98
8	Aspecto del Depurador e instalación de la chimenea	98
9	Quemador y Ventilador Instalados	99
10	Aspecto del Contrapiso y cubierta	99
11	Drene del Depurador	100
12	La Plataforma de Carga y el Tanque de Diario	100
13	Aspecto General del Incinerador	101
14	Incinerador en Funcionamiento	101
15	Otro Aspecto del Funcionamiento	102

INTRODUCCION

Al leer esta tesis vamos a encontrar en el Capitulo I, la toma de decisión de hacer realidad el proyecto en mensión. Industrialmente la decisión se basa puramente en fundamentos económicos, mas es de reconocer que en esta vez influyó mucho el deseo de llevar a realidad un proyecto diferente en un campo poco conocido empleando dirección , tecnología y mano de obra ecuatoriana. Es deber de la Universidad Ecuatoriana y de los Profesionales que salgamos de ella, el buscar apoyo para impulsar nuestro desarrollo científico.

Se investigó primero los parámetros de diseño y luego se delineó teóricamente lo que podía ser el incinerador. Todos estos estudios han quedado estampados en el Capitulo II de la Ingeniería del Proyecto.

Luego en los siguientes capítulos se observará la Selección del Sitio de Montaje y se trata de dar una imagen global de como se planifica una construcción y la realización de la misma, todo esto se presenta con cuadros, tablas y gráficos ; para dar una imagen mas clara de los eventos se complementa la información con un juego de fotografías y la inclusión de los planos de construcción.

La evaluación que se realiza es una comprobación de cuan cerca de la realidad estuvieron los calculos teóricos y finalmente veremos también como se puede esbosar recomendaciones para el mantenimiento y operación del incinerador, estos manuales se diseñaron mas que nada considerando experiencias obtenidas del funcionamiento de este equipo asi como de otros semejantes.

Confiado en dar una imagen global de todo el proceso de diseño y construcción de un proyecto, se invita especialmente a los estudiantes que analizen lo escrito en

éstas páginas para certificar que los conocimientos universitarios si son aplicables en la práctica de nuestras profesiones y que en el fúturo los que tengan oportunidad de tener responsabilidades semejante a la descrita , acepten el reto de investigar y construir en bien de nuestra comunidad.

I. FACTIBILIDAD.

1.1 OBJETIVOS Y JUSTIFICACION.

El objetivo de esta tesis es diseñar y construir un incinerador para los desperdicios industriales en fábricas procesadoras de papel, cartón y ciertos tipos de plásticos. Con el fín de probar el equipo, este será instalado para incinerar los desperdicios del área de consumo y afines de la Planta Johnson and Johnson del Ecuador S. A.

En el análisis se verificará que los desperdicios a incinerarse están compuestos del 79.56 % de pulpa celulosa , 13.76 % de Polietileno , 4.55 % de agua y 2.13 % de otros componentes ; tales como elásticos , pegamentos , perfumes , etc .

El control de la contaminación ambiental justifica el tema a tratarse, ya que la incineración , como método para procesar desperdicios sólidos, quemando las partes combustibles reduce el volúmen de los mismos y elimina la posibilidad de contaminación de aguas subterraneas o freáticas provocada por los desperdicios orgánicos putrescibles, en deterioro de los rios y del medio ambiente, en perjuicio de la humanidad. El residuo de la incineración puede utilizarse como fuente de compuestos minerales y como relleno.

La construcción del incinerador se realizará en las inmediaciones de Johnson and Johnson del Ecuador S. A. , compañía que cumple asi con una de sus políticas elementales, cual es, que la industria debe brindar a todos sus empleados y trabajadores las condiciones ambientales necesarias y

suficientes para mantener y proteger la salud de los mismos, como medio también de elevar sus eficiencias productivas.

El personal que intervendrá en la realización del incinerador, en su parte analítica y constructiva , son totalmente ecuatorianos, acreditando el patrimonio intelectual a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL con lo que también se demuestra una vez más , la alta tecnologia y desarrollo del intelecto que la Universidad Ecuatoriana puede lograr cuando la enseñanza es bien administrada y difundida.

1.2 ESPECIFICACIONES A SATISFACER.

El incinerador debe ser diseñado para quemar residuos, cuyo principal componente es la pulpa celulosa , y habrá que tomar un factor de seguridad tal que permita soportar variaciones en este porcentaje respecto a los otros componentes , considerando al polietileno como el segundo componente en importancia .

NIVEL MAXIMO DE TEMPERATURA : 2000 ^{o}C.

TIPO RECTANGULAR, provisto con parrillas fijas para la incineración.

CAMARA RECOLECTORA DE CENIZAS, montada en una estructura de acero de construcción.

CAPACIDAD DE INCINERACION: 80 Kg/h.

AREA DEL INCINERADOR: se cuenta con un área de 2 x 4 metros, la altura se determinará con el diseño.

AREA TOTAL DISPONIBLE PARA EL PROYECTO : 300 m^2, que incluye el área de almacenaje

COMPUERTAS: una para la alimentación de los desperdicios, diseñada y dimensionada para brindar cierre hermético para la combustión y facilidades durante la operación. Una que sirva para evacuar las cenizas. Y una en la base de la Chimenea, para permitir su mantenimiento.

DENSIDAD DE LOS DESPERDICIOS ; Dd , este parámetro varia entre 31 a 113 Kg/m^3.

ESTRUCTURA, acero estructural comercial en el Ecuador (T de fusión = 1500°C).

PAREDES REFRACTARIAS, construidas con ladrillos refractarios aislantes del calor, fabricados en el Ecuador.

AISLAMIENTO TERMICO, aparte de las paredes refractarias se dimensionarán la paredes en tipo sandwich con una cámara de aire y un recubrimiento exterior de plancha galvanizadas para que la temperatura superficial exterior a mas de tener buena presentación , evite peligros al personal de operación.

UN QUEMADOR, a Diesel No 2 apropiadamente dimensionado para iniciar la incineración.

UNO O DOS VENTILADORES , calculados para mantener la combustión.

CHIMENEA, dimensionada según los cálculos , metálica y pintada con pintura resistente a altas temperaturas.

DEPURADOR DE HUMOS , para obtener limpieza de los gases de combustión antes de evacuarlos a la atmósfera.

ENERGIA ELECTRICA; 110 Voltios, 60 Hz. y la potencia necesaria según lo que determinen los cálculos.

1.3 ALCANCE ECONOMICO.

La importación de un equipo incinerador semejante al que se esta diseñando, se cotiza en los Estados Unidos , de acuerdo a la TABLA No. 1 :

TABLA No 1
CUADRO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

MODELO	PROVEEDOR	PRECIO CIF. (U.S.D.)
H- 90	COINCO	6650
RL-20HD	SPRONZ	7125

A continuación en la TABLA No 2 se muestra el costo estimado de construcción local , utilizando materiales que hay en el mercado ecuatoriano y utilizando personal altamente calificado.

TABLA No 2
COSTO ESTIMADO DE LA CONSTRUCCION LOCAL

DESCRIPCION	COSTO EN SUCRES
Refractarios	40,000.00
Planchas Metálicas	15,000.00
Mortero	10,000.00
Quemador	40,000.00
Ventilador	20,000.00
Alquiler de maquinaria	25,000.00
Transporte	20,000.00
Subtotal 1	170,000.00
Mano de Obra (2 mesesx3 personasx 18,000)	108,000.00
Dirección Técnica	43,950.00
Otros	29,650.00
Subtotal 2	181,600.00
TOTAL SUCRES	351,600.00

Este presupuesto , asi como las cotizaciones extranjeras se realizaron en el mes de Octubre de 1984, cuando el cambio oficial del Dolar estuvo a 96,50 Sucres.

En conclusión se puede decir que el proyecto resulta económico, ya que el valor estimado apenas representa un costo del 56% del costo de importación mas bajo . Esto , además de las ventajas anotadas anteriormente en lo que se refiere a que se esta consiguiendo un desarrollo tecnológico local de este tipo, impulsó la realización de esta tesis y como autor de esta incluiré en este documento todos los pasos que se tomaron en consideración, práctica y teoricamente en el proyecto y construcción del mismo, esperando que esta sirva de guía a otros estudiantes o ingenieros que deseen profundizarse aún más en esta área de la ingeniería mecánica .

I I. INGENIERIA DEL PROYECTO

2.1 DISEÑOS DE INGENIERIA MECANICA

DESCRIPCION PRELIMINAR DEL PROCESO

Una vez que el incinerador este construido, el procedimiento sera el siguiente:

a.- La incineración se hará en forma continua 1 o 2 veces por semana durante jornadas completas de trabajo si fuese necesario (normalmente la jornada de trabajo dura ocho horas), esto se hará para evitar fluctuaciones de temperaturas demasiadas continuas ya que no son convenientes para la vida util del equipo.

b.- Los desperdicios corresponden a la siguiente composición:

79.56 % de pulpa de celulosa.

13.76 % de polietileno.

02.13 % de varios componentes, tales como elásticos, gomas , perfumes ,etc.

04.55 % de agua.

Los porcentajes fueron determinados según el peso ; por lo que en la incineración habrá que respetar en lo posible esta composición y por lo tanto no se podrá incinerar desperdicios con contenido de polietileno mayor al 13.76 % y se espera que los porcentajes promedios de los otros componentes, asi como del agua oscilen dentro de un rango segun los valores indicados en la composición.

c.- Una vez que los desperdicios sean cargados al incinerador, (en cantidades apropiadas que se determinarán mas adelante); se podrá iniciar la

incineración con la combustión con una llama piloto, proveniente de un quemador a diesel, que se controla electricamente.

d.- Una vez que el proceso de combustión ha tenido su inicio, se prescindirá de la llama piloto y se podrá mantener el proceso de incineración, alimentando la suficiente cantidad de oxígeno para que la combustión no cese, para lo cual se dispondrá adecuadamente un inyector eléctrico.

e.- Los gases , producto de la combustión serán dirigidos a través de una cámara ,que desacelerando el flujo de los gases, recogerá las partículas más pesadas o cenizas de los gases de combustión.

f.- Luego los gases de combustión o humos serán debidamente "limpiados" en el dispositivo depurador.

g.- Finalmente los humos seran evacuados a travez de la chimenea.

DISTRIBUCION GENERAL DEL INCINERADOR

En la Fig No. 1 encontraremos el esquema general del dispositivo con sus distribución interior apropiada para ejecutar el proceso planteado anteriormente, y en la Fig No. 2 se incluye una distribución general del área , en donde estarán ubicados y distribuidos los otros elementos que son tambien necesarios para el funcionamiento normal del dispositivo ; estos elementos son:

a.- Base del incinerador , que soportará el cuerpo mismo del aparato y que en su diseño se contemplará el hecho de que ésta a más de cumplir con su función, tambien debe dar facilidades para operación y mantenimiento general del incinerador. Debido a las condiciones del terreno, fácilmente inundables en época de lluvias, se debe determinar correctamente la altura de la base o lo que es lo mismo el nivel de construcción del incinerador.

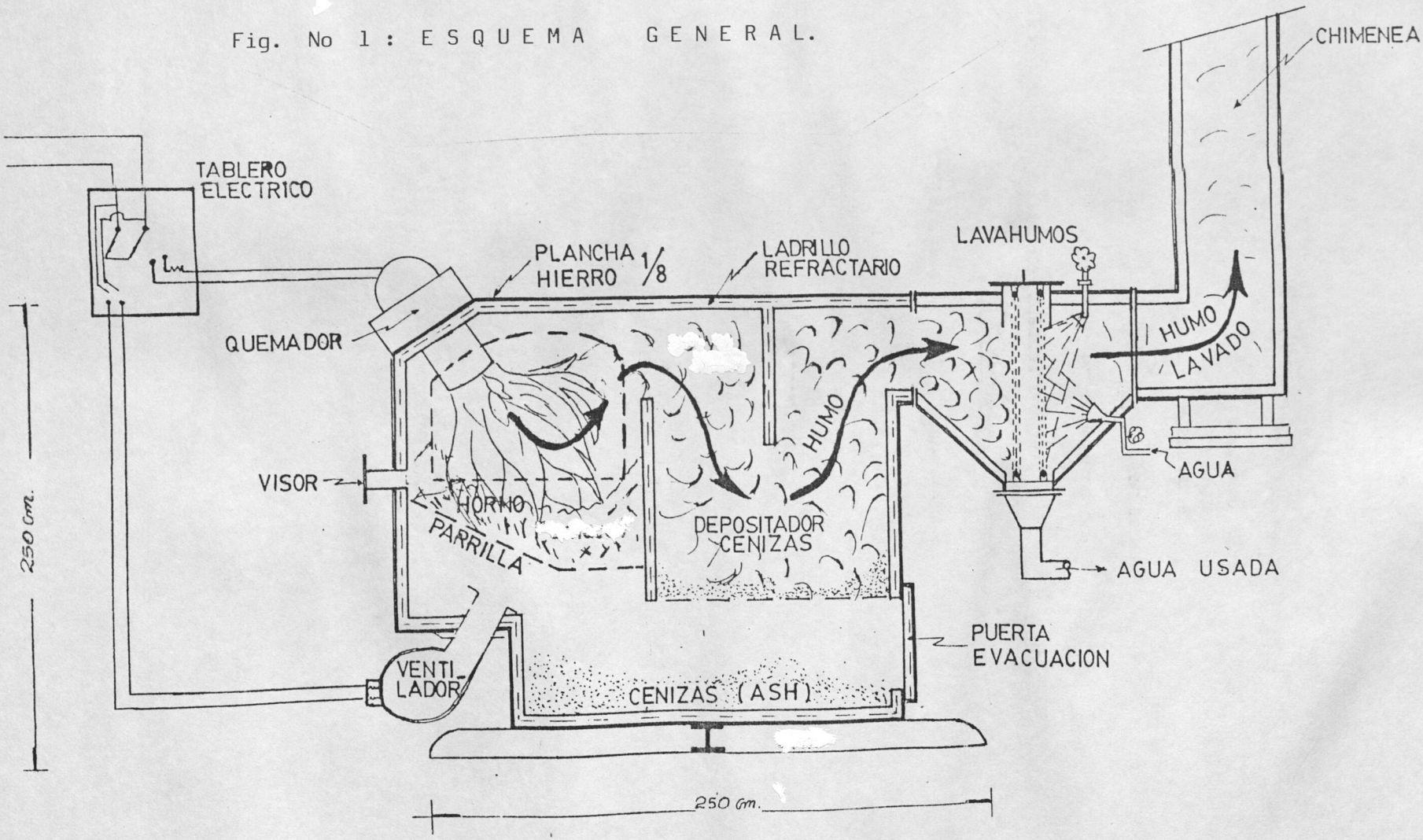
b.- Pozo de absorción , para recibir las aguas usadas en el depurador de humos.

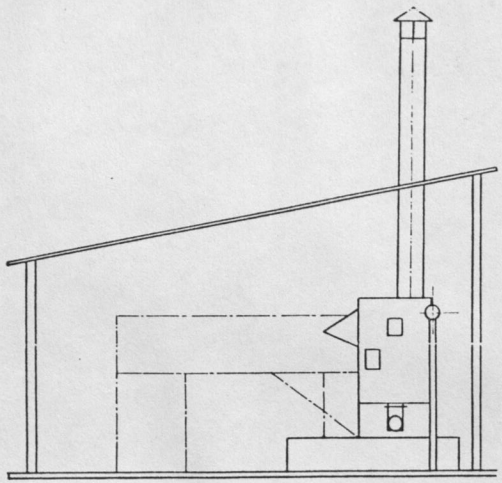
c.- Tanque de diario de diesel ,para el suministro del quemador para la llama piloto . Los cálculos determinarán que una capacidad de 2 galones es suficiente para el funcionamiento de un año.

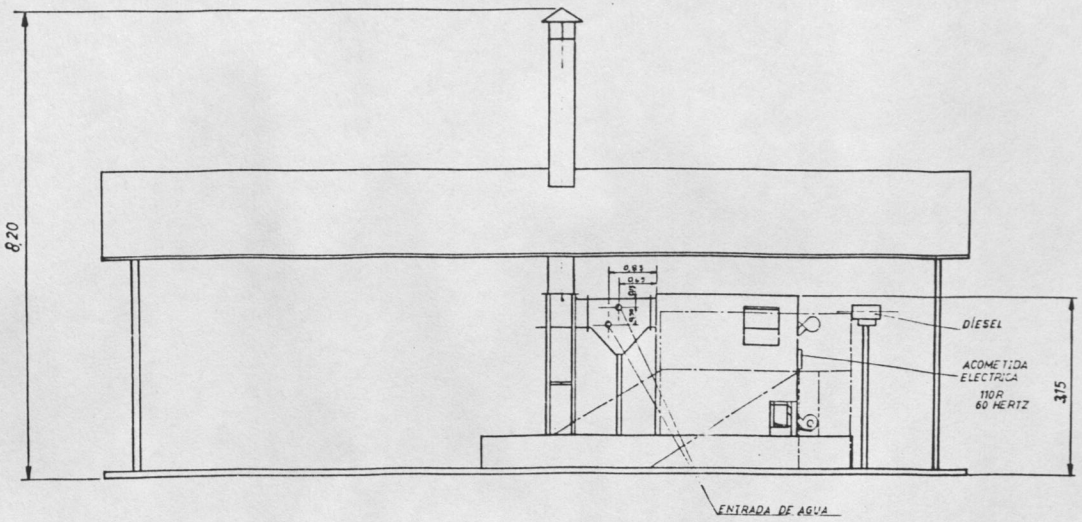
d.- Area para almacenar los desperdicios , de 128 m^2, con cubierta, para acumular suficiente material a incinerar en las jornadas contínuas, la cubierta es para protección en época de lluvia.

e.- Plataforma de carga , de 5.8 m^2, destinada para las labores de operación, en el diseño de esta plataforma se toma en consideración la altura a la que el operador debe estar para alimentar los desperdicios , se considera tambien el hecho de que el operador no se puede acercar demasiado a la compuerta de alimentación por efectos del calor radiante a travez de la misma , tambien debemos tener suficiente área de circulación para efectos de observar el nivel

Fig. No 1 : E S Q U E M A G E N E R A L.







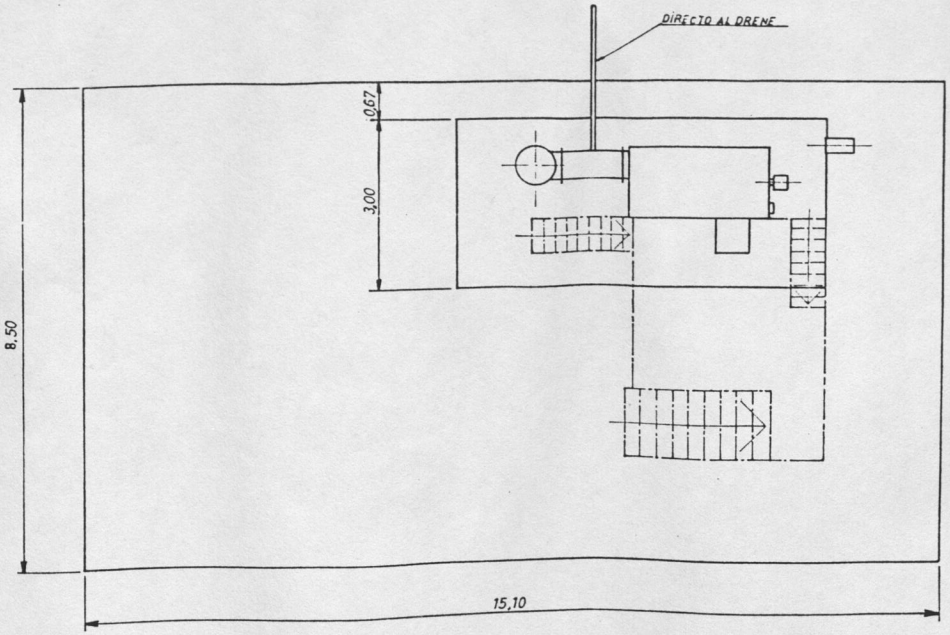


Fig. No 2

Distribución General del Area.

de la llama en la cámara de combustión (que se puede realizar por el visor que estará colocado al lado de la compuerta de carga) y debe haber espacio para almacenar hasta 5 bultos de desperdicios por lo menos para la incineración inmediata.

f.- Las fuentes de agua y electricidad, necesarias según este diseño.

ANALISIS DE LOS DESPERDICIOS PRODUCIDOS EN JOHNSON & JOHNSON.

a.- DETERMINACION DEL TIPO Y COMPOSICION PORCENTUAL EN PESO DE LOS DESPERDICIOS.

Johnson & Johnson es una empresa americana cuya sección de consumo es destinada a fabricar productos de bienestar para bebés e higiene femenina; los productos que más se fabrican son toallas sanitarias y pañales descartables.

En el desarrollo de la producción se emplea como materias primas, rollos de pulpa (derivado de la madera), rollos de polietileno, además de otros componentes como gomas, plásticos, alcohol, agua y los materiales de empaque que principalmente son cajas de cartón corrugado y fundas plásticas. De aqui se concluye que los principales componentes de los desperdicios son justamente los desechos de las materias primas que por diversos motivos no pueden ser convertidas en producto terminado , existe tambien un alto porcentaje de productos con fallas de fabricación que aparecen en el inicio de cada turno de trabajo de la planta mientras duran las calibraciones de las máquinas , productos que no son aprobados para la venta y los desechos diarios de las oficinas . En esta industria existen otros tipos de desechos , tales como productos químicos , restos de productos orgánicos y metálicos que no se consideran dentro de esta tesis y se dispondrá que los mismos sean simplemente tratados con un método diferente.

Despues de escoger muestras al azar; se procedió a identificar los componentes y a determinar los pesos de los mismos. El resultado es una muestra característica de los desperdicios que tiene la composición gravimétrica que se muestra en la Tabla No. 3:

TABLA No. 3
COMPOSICION GRAVIMETRICA DE LOS DESPERDICIOS

MATERIALES	PESO	%
DERIVADOS DE LA CELULOSA:		
Pulpa seca	71.30	
Telas (Keyback)	2.03	
Papel Siliconado	.06	
Telas (Masslin)	4.89	
Cintas de adhesión	1.28	
Subtotal.....	79.56	%
POLIETILENO:	13.76	%
OTROS:		
Adhesivos Fuller G 1562	.04	
Gomas Calientes HM 6680	.03	
Adhesivos Fuller G 3322	.01	
Perfumes	.02	
Gomas Calientes HM 694-335	1.90	
Elásticos	.09	
Adhesivos para elásticos	.04	
Subtotal.....	2.13	%
AGUA:	4.55	%
TOTAL.....	100.00	%

OBSERVACION IMPORTANTE:

LA RELACION PULPA/CELULOSA = 5.78

b.- PRODUCCION DE DESPERDICIOS.

Analizando los records de la Compañía se pudo estimar que en el año de 1981 fue el año en que hubo la mayor producción de desperdicios.

La Tabla No. 4 nos indica las cantidades de desperdicios que hubo en el mes de Mayo de 1981, siendo esto una muestra considerada como un valor máximo.(Ver el APENDICE No. 1).

TABLA No. 4

PRODUCTOS	CANTIDAD (Bultos)	PESO/BULTO (Kg.)	DESPERDICIOS (Kg.)
Modess	157	7.15	59
Serena	855	6.26	172
Serena Ad.	2138	5.47	696
Stayfree	4035	8.99	608
Pañal Di.	1674	9.43	423
Pañal No.	1891	10.33	684
Pañal Gr.	3009	8.71	790
Pañal Rn.	3797	8.26	1183
TOTAL KILOS/MES DE DESPERDICIOS..			4615

c.- PODER CALORIFICO DE LOS DESPERDICIOS.

En los manuales para ingeniería mecánica se observa que el calor liberado por la combustión de la celulosa es 4435.20 Kcal/Kg. , mientras que el liberado por la grasa, aceite, hules, y polietileno es de aproximadamente 9424.8 Kcal/Kg.

El poder calorífico para la celulosa también fue determinado experimentalmente por la ESPOL, pues se hizo un análisis en el laboratorio de hidrocarburos y sus resultados se muestran en el APENDICE No. 2 .

Como la muestra de los desperdicios tiene una relación entre la pulpa y el polietileno de 5.78 se extrapoló los valores indicados en los manuales y los resultados están indicados en la Tabla No. 5 , para diversas proporciones de celulosa y polietileno.

TABLA NO. 5
INTERPOLACION PARA DETERMINAR EL PODER CALORIFICO.

COMPOSICION GRAVIMETRICA CELULOSA	POLIETILENO	RELACION	PODER CALORIFICO Qd. (Kcal/Kg.)
100.00	0.00	0.00	4435.20
90.00	10.00	9.00	4934.16
89.00	11.00	8.09	4984.05
88.00	12.00	7.33	5033.95
87.00	13.00	6.69	5083.85
86.00	14.00	6.14	5133.74
85.80	14.20	6.04	5143.72
85.60	14.40	5.94	5153.70
85.40	14.60	5.84	5163.68
85.20	14.80	5.78	5173.66
85.00	15.00	5.66	5183.64
80.00	20.00	4.01	5433.12
70.00	30.00	2.33	5932.08
60.00	40.00	1.51	6431.04
50.00	50.00	1.11	6930.00
40.00	60.00	.66	7428.96
30.00	70.00	.43	7927.92
20.00	80.00	.25	8426.88
10.00	90.00	.11	8925.84
0.00	100.00	0.00	9424.80

RELACION DE LOS DESPERDICIOS EN JOHNSON ES 5.78,
PODER CALORIFICO = 5173.66 Kcal/Kg.

d.- TEMPERATURA DE AUTOCOMBUSTION.

En el APENDICE No. 3 , se presenta los resultados de las pruebas que se realizaron en el laboratorio de conversión de energía, en donde se determinó que la temperatura de autocombustión de los desperdicios es de 371 ^{o}C (700 ^{o}F).

Esto indica que si los desechos fueran sometidos a dicha temperatura, ocurriría una autocombustión , la misma que se presentaría siempre y cuando haya suficiente cantidad de Oxígeno.

Para que la autocombustión se produzca en un ambiente de menor temperatura, es necesario inducir la combustión con la presencia de una llama y una corriente adecuada de aire.

En la experimentación se encontró también que las temperaturas máximas a obtenerse en un proceso de incineración de las muestras de desperdicios es de 1093 ^{o} C.

2.1.1 ALIMENTACION.

El incinerador que esta siendo diseñado sera de forma rectangular, tendrá incluido en su estructura la cámara recolectora de cenizas y de acuerdo a normas exigidas por Johnson and Johnson, se colocará a continuación un depurador de humos el mismo que servira para retener las particulas sólidas de los gases de combustión , antes de que estos pasen a la chimenea.

Dado que este incinerador es practicamente el primero de construcción local y que siempre se busca no encarecer el proyecto, se prefiere construirlo con parrillas fijas, por esta razón la alimentación de los desperdicios se hará en forma manual, a travez de una tolva, con compuerta, de tal manera que la acción de la gravedad ayude el proceso de carga y finalmente hay que recalcar que el operador contará con todas las herramientas especiales necesarias para este tipo de trabajo.

La tolva de carga tendrá una sección de 122 x 122 cm. , que es una medida que va compaginada con las dimensiones con que se deben suministrar los bultos de desperdicios para que sean facilmente manipulados.

Para el diseño de la compuerta se considera el peso de la misma y se colocara una barra con un contrapeso para facilitar su maniobrabilidad , tambien el abatimiento se lo hará vertical para que el mismo peso de la compuerta ayude a mantenerla cerrada. Su aspecto lo podemos observar en las Fig. No. 3.

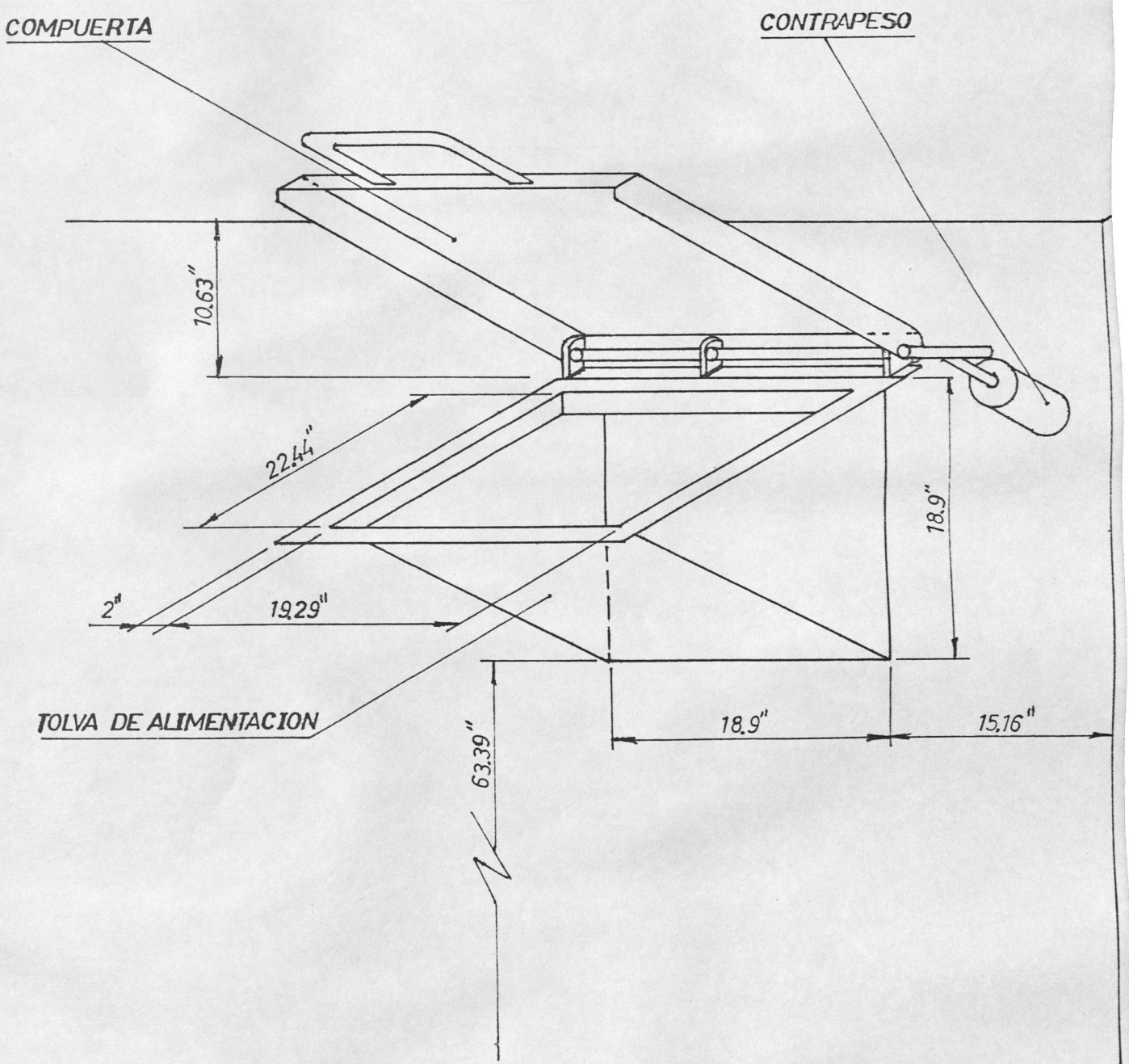


Fig. No. 3 : Tolva de Alimentación .

Las cantidades de desperdicios a incinerarse, son calculadas en base a las producciones ya analizadas y como se indico anteriormente, un parámetro de diseño es justamente la cantidad de desperdicio producida , que según las estadisticas de Johnson and Johnson , es de:

4605 Kg. por un mes.

Como se prevee que la incineración se hará semanalmente en 2 jornadas normales de trabajo (8 horas cada una), la rata de alimentación es de :

72 Kg./ hora.

Para un factor de 10% de seguridad, el factor de carga a considerarse en los cálculos es de:

80 Kg./ hora.

2.1.2 HORNO

CONCEPTO DE COMBUSTION .-La combustión es la combinación del oxígeno con el carbono , hidrógeno y azufre o sus componentes , con la formación de gases calientes , liberación de energía y emisión de luz .

CONCEPTO DE INCINERACION.-Es un método que aprovecha el proceso de combustión para procesar desperdicios sólidos , quemando sus partes combustibles a la vez que reduce el volúmen de los mismos , elimina la posibilidad de contaminación del agua subterránea o freática provocada por desperdicios orgánicos putrescibles. El residuo puede emplearse como fuente de compuestos minerales y como relleno.

Para el diseño del horno hemos tomado en cuenta:

a.- El proceso de combustión de la celulosa,con el Poder Calorífico Qd = 5173.66 Kcal/Kg. , como proceso principal de diseño por lo se tomarán en consideración las ecuaciones de combustión solo para la celulosa , como forma de facilitar los cálculos.

b.- El proceso de combustión del diesel,como parte complementaria en el diseño , pues el quemador ha emplearse funciona solo un instante al inicio de cada incineración. No nos profundizaremos en la combustión del diesel ya que el objetivo de esta tesis es quemar la pulpa primordialmente.

a.- COMBUSTION DE LA CELULOSA, REQUERIMIENTOS DE AIRE TEORICO Y AIRE EN EXCESO.

La reacción característica de la combustión de la celulosa es:

$C_6H_{10}O_5 + 6O_2 \text{ -----> } 6CO_2 + 5H_2O.$

De esta ecuación se observa que se necesitan 6 moles de Oxígeno para combustionar 1 Mol de celulosa.

Los pesos moleculares de los elementos que están interviniendo en esta ecuación son:

$C = 12$

$H_2 = 2$

$O_2 = 32$

Por lo tanto se necesita 192 Kg. de O_2 para incinerar 162 Kg.. de celulosa. O sea que por cada Kg. de celulosa se necesita 1.19 Kg. de O_2.

La composición del aire es:

1 Kg. O_2 + 3.76 Kg. N_2 = 4.76 Kg. de aire.

I por lo tanto cada Kg. de celulosa necesita :

1.19 x 4.76 Kg. de aire.

Aire teórico = 5.66 Kg. de aire/Kg. celulosa.

Muchos expertos en combustión han probado que para quemar la celulosa es necesario un suministro de aire en un 140 % en exceso o sea que el consumo real de aire será de:

2.4 x 5.66 = 13.58 Kg. de aire /Kg. celulosa .

$A/C_{\text{real del aire}}$ = 13.58 Kg. de aire/ Kg. de celulosa.

b.- COMBUSTION DEL DIESEL, REQUERIMIENTOS DE AIRE TEORICO Y AIRE EN EXCESO.

En el mercado ecuatoriano se encuentra el diesel número 2, producido por CEPE y tiene las siguientes características:

CARACTERISTICAS	VALOR DE ESPECIFICACION
Gravedad específica 15/15	max.0.86
Azufre,% peso	max.0.80
Cenizas,% peso	max.0.01
Carbón conradson,% peso	max.0.15
Agua y sedimento,% vol.	max.0.04
Punto de inflamación	min.66°C
Viscosidad a 37.8^{o}C	2 a 5 CST
Indice de Cetano	min.45

Para los cálculos de combustión del Diesel nos valemos de la Tabla No. 6

Tabla N° 6

EQUIVALENCIAS PARA EL ANALISIS DE COMBUSTION DEL DIESEL.

ELEMENTO EN EL COMBUSTIBLE	AIRE REQUERIDO.Lb/Lb de elemento
Carbono, C	11.50
Hidrogeno,H	34.20
Azufre,S	4.31

Ahora calculemos la cantidad teórica del aire para el Diesel:

Aire para el Carbono:

=0.15(Kg. de C/Kg. de diesel)x11.5(Kg. de aire/Kg. de C)

=1.73 (Kg. de aire/ Kg. de diesel)

Aire para el Azufre:

=0.8(Kg. de S/Kg.de diesel)x4.31(Kg. de aire/Kg. de S)

=3.45 (Kg. de aire) / (Kg. de diesel)

A/C teórico del diesel

= 5.18 (Kg. de aire/Kg. de diesel)

Para el consumo real, asumimos un exceso de aire de 140 %,

A/C real del diesel

= 2.4 x 5.18

= 12.43 (Kg. de aire/Kg. de diesel)

CONCLUSION: SE PUEDE UTILIZAR EN LO QUE SIGUE EL UNICO VALOR DE A/C = 13.58 YA QUE ESTE VALOR NO DIFIERE EN CUANDO SE ESTE QUEMANDO LA PULPA O MIENTRAS ESTE LA LLAMA DEL DIESEL.

CALCULO DEL TAMAÑO DEL VENTILADOR:

Los parámetros para este cálculo son:

Temperatura del aire de entrada, To = 32 ^{o}C.

A/C celulosa = 13.58 Kg. aire/Kg. celulosa.

Entonces:

Densidad del aire, Da = Pa/(R x T).

Da= $(1.033 \times 10^{4})/(29.264 \times 305.16)$.

= 1.156 Kg/m^{3}.

Por consiguiente;

Cantidad de aire, Wa= 13.58 x 80 / (1.156 x 60).

Wa= 15660 dm^{3}/min. (553 C.F.M.)

El ventilador debe estar colocado en un lado inferior a la cámara de incineración para forzar la corriente de aire a travéz de la carga. Esto enfriará las parrillas y mejorará la combustión.

También la disposición del ventilador debe ser tal que por ningún motivo entre en contacto con algún desperdicio o ceniza que lo puedan dañar.

CALCULO DEL VOLUMEN DEL HORNO Y SUPERFICIE DE LAS PARRILLAS.

El volúmen del horno depende de la cantidad de material que ha de incinerarse por hora, del volúmen específico de los desperdicios y de la cantidad de calor que pueda liberarse sin perjuicio para los componentes del horno.

El rendimiento y la duración del refractario que se obtenga dependerán de que el tamaño sea el correcto.

De la capacidad requerida del horno W_d= 80 Kg/h.. se puede determinar la superficie requerida de la parrilla, S_p y el volumen del horno, V_h.

El área de la parrilla depende de la velocidad de combustión seleccionada. En los textos de ingeniería mecánica se consideran como adecuados los valores que van desde 293 Kg/m^2-h , hasta 440 Kg/m^2-h.

El volúmen del horno depende de la velocidad de liberación de calor de los desperdicios. El volúmen mínimo frecuentemente aceptado es el que resulta de una liberación de calor de Q_r=54230 $Kcal/m^2$-h.

Recordemos que el poder calorífico de los desperdicios es de

Q_d = 5173.66 Kcal/Kg.

En el caso menos eficiente (velocidad de incineración más baja), Sp:

$S'_p = 80/293 = 0.3\ m^2$. y con n=3 $Sp = 0.9\ m^2$.

$V'_h = W_d/D_d = 80/31$

$V'_h = 2.58\ m^3/h$.

Para 8 cargas por hora, entonces

V_h = o.32 m^3.

En consecuencia, la altura de la cámara de combustión H , será de 0.4 m.

Generalmente los hornos estan constituídos en gran parte de ladrillos refractarios, para contruir el incinerador se utilizarán los que se encuentren en el comercio, los mismos que vienen en medidas estandar, será conveniente especificar para la cámara dimensiones tales que pueda construirse con un mínimo de cortes o labrados de dichos refractarios.

El ladrillo refractario que se encuentra en Guayaquil, a un buen precio es el ALFADOMUS, el cual fue seleccionado para la construcción, su temperatura máxima permisible de trabajo es de 1500 °C y sus medidas se indican en la Fig. No. 4 :

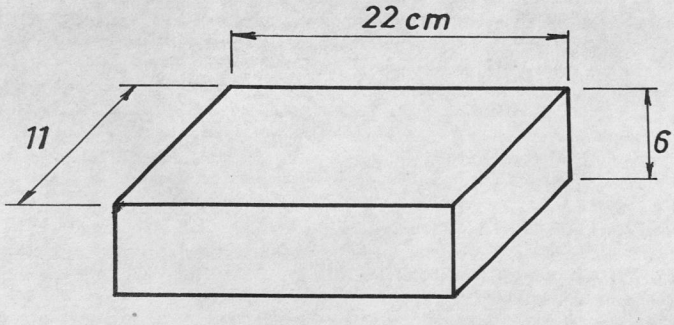


Fig. No 4 :Ladrillo ALFADOMUS.

De tal manera que las medidas de las cámaras del incinerador se harán usando múltiplos de estas medidas, se calcularán las dimensiones dejando 2mm de espacio para la colocación del mortero.

La sección de los conductos de humos deben ser lo suficientemente grandes para evitar que hayan presiones excesivas a las intensidades máximas de combustión.

Asi mismo los conductos deben situarse de tal manera que promuevan la circulación de los gases por todas las paredes de las cámaras.

Las partes metálicas de un incinerador consiste en la armazón de acero o de aleaciones en las partes expuestas al calor directo. Las aleaciones son de niquel o cromo y deben hacerse lo bastante fuertes para compensar su pérdida de resistencia a temperaturas elevadas. Son resistentes a la oxidación a temperaturas inferiores a 1093 ^{o}C

La presión de la cámara debe estar bien regulada con el fin de mantener una presión constante prédeterminada (ordinariamente alrededor de 0.025 a 0.125 cm de H_2O en la cámara de calentamiento, con lo cual se impide que penetre Oxígeno libre de la atmósfera circundante.

Las medidas preliminares de la cámara de combustión así como las del horno total, incluyendo la cámara recolectora de cenizas se indican en el Plano 41-6 al pié de la contraportada. Al dimensionar la misma se consideró que la cámara debería tener un cierto volúmen superior para que los gases tengan como dirigirse en su transporte hacia la cámara recolectora de cenizas.

Los cálculos de las áreas transversales al flujo de los gases, velocidad de los mismos y otros, los veremos en el título CAMARA RECOLECTORA DE CENIZAS , por ahora adoptaremos las medidas indicadas en el plano para hacer los cálculos de conservación de masa y energía, que determinarán el espesor de las paredes, las temperaturas teóricas de las superficies y otros que nos indicarán si los refractarios elegidos y tamaño de las paredes son aceptables. En estos cálculos trataremos como un todo , tanto a la cámara de combustión como a la cámara recolectora de cenizas.

CALCULOS DE CONSERVACION DE MASA Y ENERGIA.

Cuando ocurre la incineración se esta realizando un proceso exotérmico, la energía interna del combustible se libera, manifestandose en forma de llama y calor.

En nuestro caso el calor que se desprende proviene de la mezcla de celulosa, con un bajo porcentaje de contenido de otros componentes.

El calor producido se libera tanto en los gases de combustión, asi como a través de las paredes del incinerador, a travez de las hendijas y a travez de las puertas del mismo.

En todo caso se tiene que cumplir que:

CALOR LIBERADO = PERDIDAS DEL CALOR

El calor liberado incluye el calor de combustión del combustible, el calor sensible del aire y el calor presente en el material cargado.

Las pérdidas de calor que tienen lugar en un incinerador comprenden el calor perdido en los gases de desecho, la radiación procedente de los refractarios y el calor absorvido por ellos, además de las cantidades de calor que se escapan por las aberturas y el calor contenido en los combustibles que no se llegan a quemar, los mismos que escapan con los productos de la combustión. El calor contenido en los gases de desecho dependen de la temperatura a que dejan el horno.

La radiación y absorción del calor por refractarios dependen también de la intensidad con que se verifica el calentamiento , (lo cual determina la

temperatura interior de los mismos) y de la superficie refractaria así como su espesor.

La pérdida de calor en el combustible sin quemar, que escapa con los gases de la combustión es pequeña en la mayoría de los casos , porque el combustible puede ser consumido casi completamente.

Hagamos el diagrama de energía del horno.

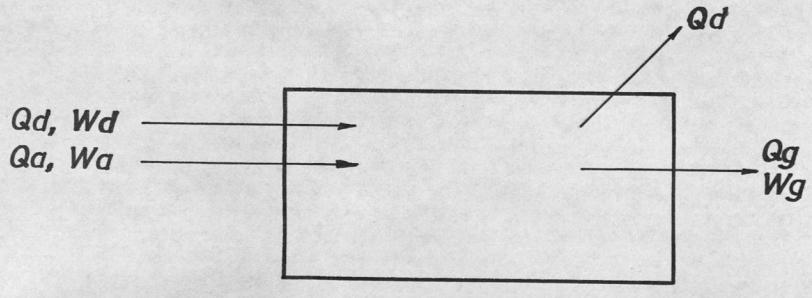


Fig. No. 5: Diagrama de Energía del Incinerador.

Para los cálculos , de los manuales tenemos:

Cp de la celulosa = 0.5

Cp de los gases = 0.27

Por conservación de masa y energía tenemos:

$$Qd + Qa = Qe + Qg \quad (a)$$

$$Wd + Wa = Wg \quad (b)$$

(La última ecuación es asumiendo que el peso de las cenizas es despreciable).

En donde:

Qd = Calor contenido en la carga de desperdicios.

Qa = Calor contenido en el aire inyectado.

Qe = Calor emitido a travez de las paredes .

Qg = Calor contenido en los gases que salen.

De (b):

$1 + Wa/Wd = Wg/Wd.$

$Wg/Wd = 14.58$

$Qd = 5173.66$ Kcal/Kg.

$Qa = A/Ccelulosa \times Cp \times (To - T*)$

$= 13.58 \times 0.24 \times (32 - 21)$

$= 35.85$ Kcal/Kg.

$Qg = Wfg/F \times Hwfg$

$= 14.58 \times 550 / 1.8$

$= 4455$ Kcal / Kg.

Nota: T* , es la temperatura de entalpía cero ; y Hwfg , la entalpía de los gases que se determina a 6 % de humedad y a una Tg = 1093 ^{o}C asumida. En la Fig. No. 6 se observa la curva Entalpía vs Temperatura para los Gases de Combustión, de donde se obtuvo Hwfg, (14).

Entonces:

$Qe = 5173.66 + 35.85 - 4455$

$= 754.51$ Kcal / Kg.

Y:

$\dot{Q}d = 413892.8$ Kcal/ hr.

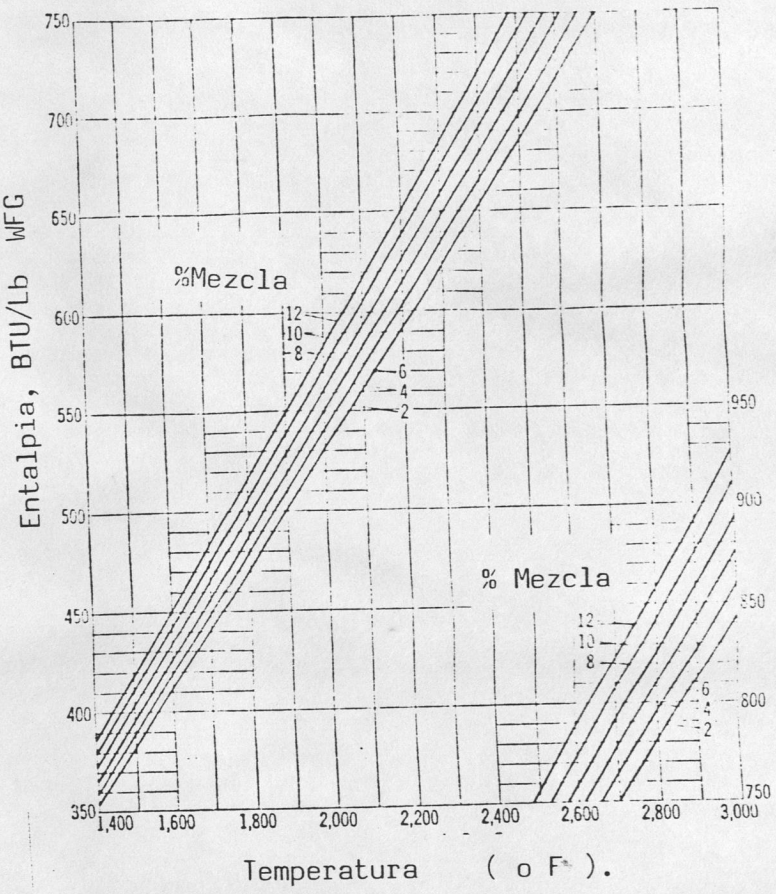


Fig. No 6 : Entalpía vs Temperatura, para Gases de Combustión.

$\dot{Q}a$ = 2868 "

$\dot{Q}g$ = 356400 "

$\dot{Q}e$ = 60360.8 "

Los gases de combustión sufren un proceso a presión constante, por lo que:

$\dot{Q}g = Wg \times Cp \times (Tg - To)$

$356400 = 14.58 \times 80 \times 0.27 \times (Tg - 32)$

$Tg = 1163.68\ ^{o}C.$

Esto nos indica que en la asumción de Tg = 1093 ^{o}C hay un error de 6.4 %, como se vera mas adelante en la práctica la temperatura de los gases esta en el orden de los 1100 ^{o}C , por lo cual en este momento seguiremos los cálculos con este valor, de 1093.

Por transferencia de calor tenemos que:

$Qe = Qr + Qc.$

Qr = calor por radiación de la combustión a las paredes del horno.

Qc = calor por convección de la combustión a las paredes del horno.

$Qr = \sigma \times \rho \times A (T^4g - T^4s)$ T absoluta.

$Qc = hc \times A (Tg - Ts)$ T ^{o}C.

Sabemos tambien que Qr puede ser expresado asi:

$Qr = hr \times A (Tg - Ts)$.

Entonces:

$Qe = hr \times A (Tg - Ts) + hc \times A (Tg - Ts).$

$Qe = (hr + hc) \times A \times (Tg - Ts)$

$Qe = ht \times A (Tg - Ts).$

En esta ecuacion :

ht = coeficiente total de transferencia de calor.

A = Area de transferencia de calor.

Tg = Temperatura de los gases de la combustión.

Ts = Temperatura de la superficie interior de las paredes.

ht se lo puede obtener graficamente de la Fig.No. 7 ,(15)

El procedimiento para obtenerlo es el siguiente:

.- Primero asumimos un valor de Ts.

.- Calculamos z = Ts - Ta.

.- Con z podemos obtener del gráfico el valor de ht.

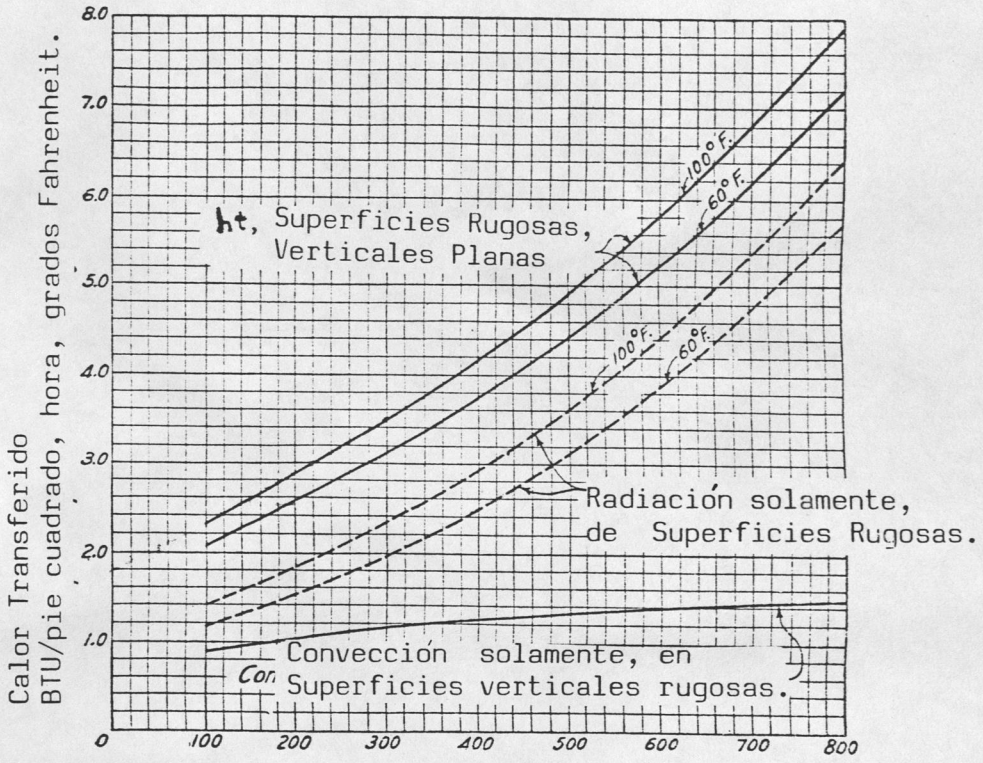
.- Con ht calculamos por la formula Ts.

.- Con este proceso iterativo podemos recalcular hasta que el valor asumido y el valor calculado sean iguales.

Para el efecto A = 11.66 m^2 (125.41 $pies^2$) , que es el valor de la superficie lateral del horno, según las medidas previstas.

Este problema de iteración lo podemos resolver por medio de un pequeño programa de computación , el cual consta en el APENDICE No. 4 , y finalmente:

Ts = 1033 ^oC (1890.51015 ^oF).



Diferencia de Temperatura entre la Superficie y el aire (oF).

Fig. No. 7 : Coeficiente Total de Transferencia de Calor.

Un horno o incinerador tiene las paredes formadas por ladrillo refractario , aislante del calor , a veces las paredes pueden ser tipo "sandwich" o cualquier conformación que el ingeniero de diseño determine , en nuestro caso queremos que las paredes solo sean de ladrillo, los mismos que permitirán aprovechar el máximo calor producido para lograr la incineración. Y para lograr buena apariencia y presentación, lo cubriremos con láminas de hierro galvanizado. A su vez para evitar una superficie externa caliente, entre las paredes de ladrillo y galvanizado dejaremos un espacio de aire.

Los espesores tienen que ser determinados en un cálculo de transferencia de calor , más en la práctica los espesores comúnes de ladrillos son de 11 x 6 cm. de tal manera que se asume en el cálculo inicial, el espesor e2= 11 cm. , esto como un resultado de experiencias y que será justificado inmediatamente. Asi mismo los espesores de las planchas de hierro galvanizado son del orden de 1 y 2 mm. (Considerar otros espesores de ladrillos y planchas ,en la realidad resulta antieconómico y no práctico para este caso).

Con el razonamiento anterior , las paredes del incinerador podrían estar conformadas asi:

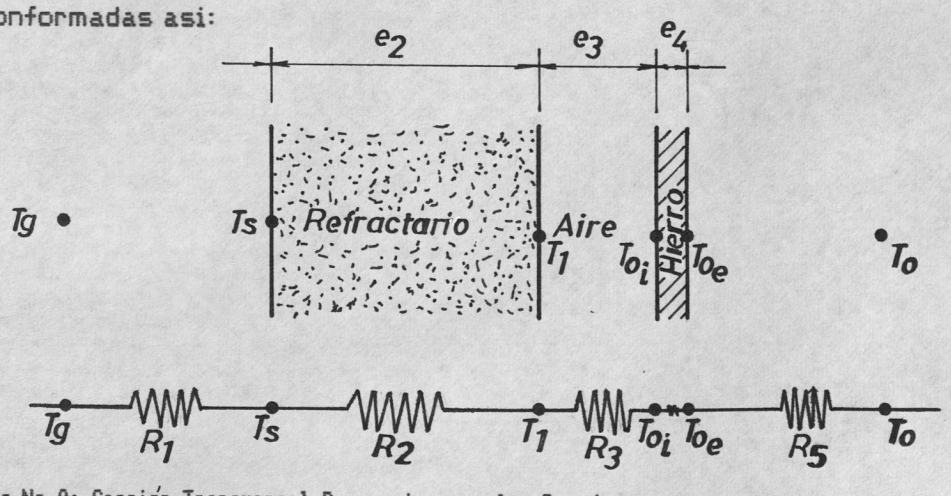


Fig No.8: Sección Transversal Propuesta para las Paredes.

Por ser el hierro un gran conductor del calor , hacemos que R4=0 ; y Toi = Toe = To

$Qe/A = (C2/e2)(Ts - T1) = (C3/e3)(T1 - To) = h (To - Too)$.

Sabemos que: $Qe/A = 60360.8/11.66 = 5177$ Kcal/ $h-m^2$

Y:

$T1 = (-Q/A)(e2/C2) + Ts$ (a)

Ademas:

$To = (Q/(A \times h)) + Too.$ (b)

En la ecuación a, no conocemos T1 ni C2 ; C2 lo determinamos de la Fig. No. 9 , asumiendo T1 y calculando Tb , (15). Tb es una temperatura promedio entre T1 y Ts.

En el APENDICE 5 , se muestra un programa de computación para determinar con mayor presición T1 , Tb y C2.

Entonces:

Tb = 833 ^{o}C (1531 ^{o}F)

T1 = 633 ^{o}C (1172 ^{o}F)

Aplicando el concepto de transferencia de calor por conducción, tenemos

$Qe = (K \times A) / e3 \times (T1 - To)$

Se requiere una temperatura superficial To = 38 ^{o}C (100 ^{o}F)

Entonces:

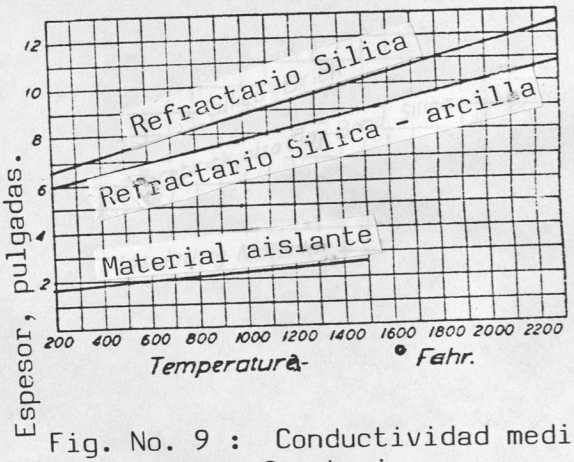


Fig. No. 9 : Conductividad media , para materiales refractarios

$e3 = (A/Qe) \times K \times (T1 - To)$

Como esta capa es de aire, sacamos el coeficiente de conductividad de la Tabla No. 7 , (8). Para esto, previamente determino Tp = (633 + 38)/2 =335.5 ^{o}C (636 ^{o}F).

Mediante una interpolación de obtiene K = 0.0211

$e3 = (11.66/60360.8) \times 0.0211 \times 335$

o sea: $e3 = 0.00134m$ (0.12 pulg).

Por lo tanto la pared del horno puede quedar formada de la siguiente forma:

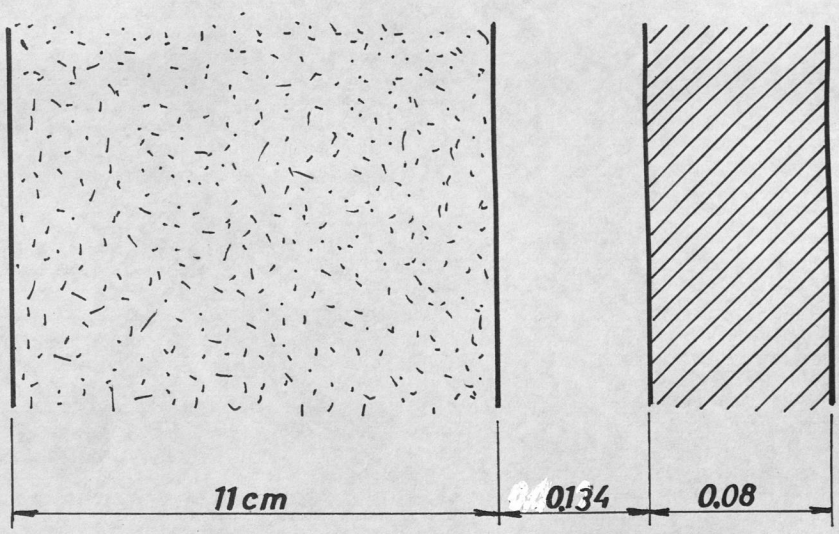


Fig. No. 10: Conformación transversal de las paredes.

Tabla 2. Conductividades térmicas de líquidos y gases

Sustancia	Temp, °F	k	Sustancia	Temp, °F	k
LÍQUIDOS			GASES		
Acetona	68	0.103	Aire (véase la tabla inferior)	32	0.0140
Amoniaco	45	0.29	Amoniaco, vapor	32	0.0126
Anilina	32	0.104	Amoniaco	212	0.0192
Benzol	86	0.089	Argón	32	0.00915
Sulfuro de carbono	68	0.0931	Dióxido de carbono	32	0.0084
Alcohol etílico	68	0.105		212	0.0128
Éter	68	0.0798	Monóxido de carbono	32	0.0135
Glicerina, USP, 95%	68	0.165	Cloro	32	0.0043
Queroseno	68	0.086	Etano	32	0.0106
Alcohol metílico	68	0.124	Etileno	32	0.0101
n-pentano	68	0.0787	Helio	32	0.0818
Éter del petróleo	68	0.0758	*n*-hexano	32	0.0072
Tolueno	86	0.086	Hidrogeno	32	0.0966
Agua	32	0.343		212	0.124
	140	0.377	Metano	32	0.0175
Aceite, castor	39	0.104	Neón	32	0.0267
Aceite, oliva	39	0.101	Nitrogeno	32	0.0140
Aceite, trementina	54	0.0734	Óxido nitroso	32	0.0088
Vaselina	59	0.106		212	0.0090
			Óxido nítrico	32	0.0138
			Oxígeno	32	0.0142
			n-pentano	32	0.0074
			Dióxido de azufre	32	0.005

Conductividades térmicas del aire y del vapor*

Temperatura, °F	32	200	400	600	800	1000
Aire, 1 atm	0.0140	0.0181	0.0225	0.0266	0.0303	0.0337
Vapor, 1 lb/pulg^2 abs	.....	0.0132	0.0184	0.0238	0.0292	0.0345

*Valores tomados de F.G. Keyes, *Tech. Rept.* 37, Project Squid (1 de abril de 1952).

TABLA No. 7.
Conductividades Térmicas de Líquidos,
Gase, Aire y Vapor.

2.1.3 DEPOSITADOR DE CENIZAS

La inclusión de esta sección en el diseño global del incinerador hace ver una aplicasión interesante de los conceptos aprendidos en las aulas.

Hay que mirar este problema como si se tratare de diseñar un colector de polvo , funcionando a las temperaturas de los gases calientes de la combustión.

La teoría acerca de los colectores nos enseña que hay dos tipos de estos: filtros de aire y **colectores de polvo propiamente dichos** . Los primeros se los usa en sistemas que suministran aire para calefacción, acondicionamiento de aire y tomas de aire en motores de combustión interna y compresores. generalmente los filtros de aire , están diseñados para colectar polvos contenidos en la atmósfera en cantidades de 1 a 4 granos por cada 1000 pies cúbicos de aire . **Los segundos son diseñados para manejar concentraciones grandes de polvo originados en sistemas locales de escape o en la salida de gases por chimeneas que se emplean en procesos industriales** . En los colectores de polvos , por lo regular se manejan concentraciones de 100 a 20,000 veces mayores que las que se operan con filtros de aire.

Los colectores de polvo se instalan para satisfacer uno o más de los siguientes propositos: evitar perjuicio o daño a la propiedad ; evitar el regreso de contaminantes al lugar de trabajo ; colectar material que pueda utilizarse; reducir los riesgos por fuego o explosión ; y permitir la recirculación de aire limpio en áreas de trabajo.

Para el diseño frecuentemente se utilizan más de uno de los conocidos principios de separación de sólidos, humos, gases o vapores originados en el flujo de gases.

En esta configuración se respeta el volumen determinado anteriormente para la cámara de combustión y la superficie lateral con la que se realizaron los cálculos de transferencia de calor.

Matematicamente el efecto descrito para obtener la separación de las partículas se logra analizando la ecuación de continuidad de la masa.

Densidad x Velocidad x Area = Constante.

Aqui sabemos que para una determinada densidad un decrecimiento del área originará un crecimiento de la velocidad , y viceversa.

En la entrada del aire tenemos un caudal de 15660 dm^3/min.
Asi mismo la densidad del aire en la entrada ha sido determinada en 1.156 Kg/m^3.
Asi ;

D1 x V1 x A1 = 18.10 Kg/min.

Luego en la cámara de combustión , un instante antes de la combustión , la Temperatura del aire se incrementa a 1093^oC , i la densidad a 0.258 Kg/m^3 , el area transversal en este punto (2) es 1.04 m^2.

En sección 2:

$18.10 = 0.258 \times V2 \times A2.$

$V2 \times A2 = 70.16\ m^3/min.$ y $V2 = 67.46\ m/min.$

En adelante podemos considerar la densidad constante de tal manera que la variación de la velocidad con respecto al área corresponde al gráfico de $V \times A = 70.16$.

El gráfico lo podemos ver en la Fig. No 12 , y una tabla de valores es la siguiente;

$A2 = 1.04\ m^2$	$V2 = 67.46\ m/min.$
$A3 = 0.30$	$V3 = 233.87$
$A4 = 1.03$	$V4 = 68.12$
$A5 = 0.61$	$V5 = 115.02$
$A6 = 0.25$	$V6 = 280.64.$

Así , se observa efectivamente que al momento en que el flujo atravieza la mayor sección , fluirá con una velocidad mínima, que hace perder todo arrastre de partículas representivamete grandes , y de acuerdo a la disposición física de las áreas, en este mismo momento en que el flujo sufre un cambio en su dirección luego de la expansión brusca del área , las partículas con mayor masa tenderán por inercia a seguir la trayectoria que seguían cuando tenian la velocidad mayor, es decir de arriba hacia abajo en nuestro incinerador, para luego perder definitivamente la velocidad , autodepositandose en el fondo de esta sección , logrando el propósito que queremos.

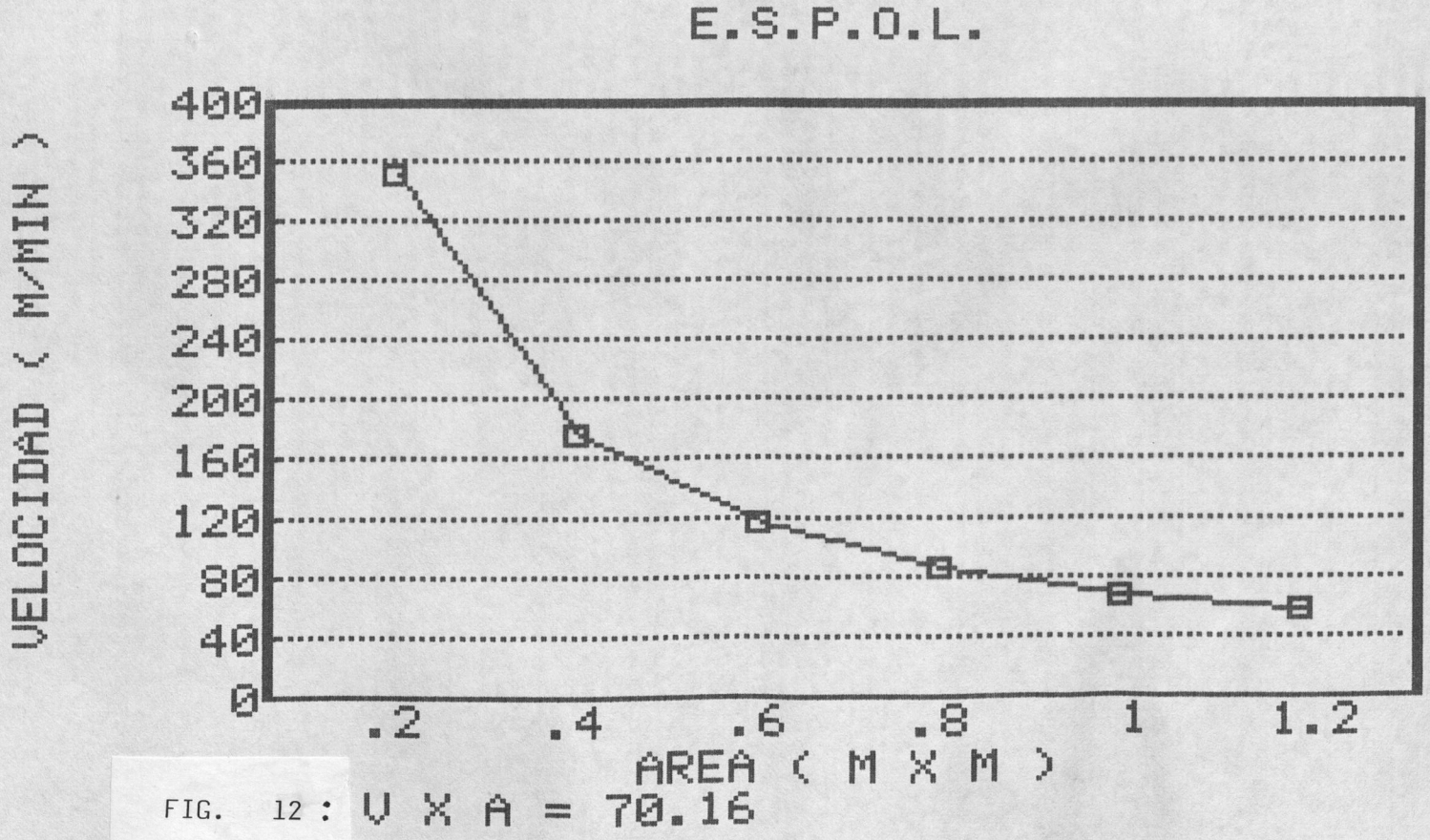


FIG. 12 : V X A = 70.16

2.1.4 DEPURADOR DE HUMOS.

Cuando existe una combustión se producen enormes cantidades de humos contaminantes , a temperaturas elevadas como consecuencia del exceso de aire necesario para la combustión.

La construcción de un incinerador obedece a un control de la polución ambiental , entonces objetivamente no se puede dejar escapar a la atmósfera los humos cargados con contaminantes ya que se caería en una gran contradicción. En estas condiciones , las dimensiones y el precio del material necesario que permita reducir a débiles valores el contenido de polvo en los humos son importantes . Teniendo en cuenta la creciente necesidad implantar estaciones depuradoras de humos , se vá imponiendo gradualmente una reglamentación que limita no solamente la emisión de sólidos por las chimeneas, sino el contenido en gases nocivos en los humos tales como el SO2 , CO , etc.

Asi se sabe que el departamento de salud de los Estados Unidos ha publicado recientemente instrucciones para los incineradores; en ellas se especifica que la emisión de hollines y otras partículas de instalaciones quemando más de 90 Kg/h , no deben exceder de 0.0004579 Kg/m^3 corregido para el 12 % de CO2. El tamaño de las partículas emitidas no deberá exceder de 60 micras. Esta limitación equivale a 0.35 Kg. por cada 1000 Kg. de humos secos con un 12 % de CO2 o 50 % de exceso de aire.

Un lavador de humos no es otra cosa que un separador de partículas , de tal manera que en el diseño de este dispositivo hay que recordar ciertos conceptos revisados en la sección de recolección de cenizas.

En resumen se puede asegurar que existen tres tipos de depuradores para solucionar el problema de la polución atmosférica producida por los centros de incineración:

- Depuradores Centrífugos.
- Depuradores Eléctricos.
- Depuradores hidráulicos o lavadores de gases.

Uno de los parámetros que hacen elegir la conveniencia de la construcción de uno u otro de estos tipos es el nivel de temperaturas en que van a funcionar. Dado que la temperatura de los gases esta en el orden de 1093 ^{o}C (2000 ^{o}F), nos indica que un depurador hidráulico es lo que más nos conviene. Esto se puede observar en el manual de refrencia (1) , en donde se muestra una tabla de selección y algunas características de partículas para seleccionar depuradores .

Estos aparatos separan los polvos de la corriente gaseosa por acción de un líquido, generalmente agua ; para este tipo de depuradores, el término polvos es genérico y se aplica tanto a las partículas líquidas (nieblas) que sólidas.

En una construcción en forma de venturi , los gases a tratar estan sometidos a bruscos cambios de velocidad y entonces se pulveriza en gotitas muy finas, mientras el agua alimenta el cuello del venturi . Los polvos chocan con las gotitas , tomen peso y se juntan ; se recuperan en gran parte en la base del divergente.

Las ventajas de estos lavadores son:

- Aseguran la eliminación , más o menos eficáz , de los efluentes gaseosos tóxicos contenidos en los gases de combustión.

- Aseguran a la vez el enfriamiento y la depuración en el caso de unidades de incineración sin recuperacion de calor.

La pérdida de carga de los lavadores depende del diámetro de las partículas a precipitar . Un mínimo de 250 mm por columna de agua es necesario en el presente caso.

El empleo de lavadores presenta , sin embargo , el problema del tratamiento de los efluentes que no pueden separarse del problema general que es la depuración de una instalación.

Para aumentar la eficiencia de una depuración, será necesario la combinación de diferentes tipos de depuradores, en nuestra construcción, la cámara recolectora de cenizas seria la primera cámara de depuración , pero esto no evita el hecho de instalar otro tipo de depuradores en el caso de que se requiera aumentar la eficacia.

Por referencias en informaciones técnicas conocidas se dió la forma al depurador a construirse , según las dimensiones indicadas en el plano : DEPURADOR DE HUMO ,No. 041-7, al pie de la contraportada en esta tesis.

Basicamente se tomó la forma indicada para disminuir la velocidad de los gases, a la vez que una cortina de gotas de agua se interpone en el paso de la corriente . El depurador inicialmente se construyó de acuerdo a estas dimensiones y en el capítulo de la Evaluación veremos recomendaciones técnicas que se pudieron hacer una vez que se estaba probando el funcionamiento del mismo.

2.1.5 CHIMENEA.

Por la disponibilidad de las fórmulas en los manuales según el sistema ingles, los cálculos en este capítulo se prefieren hacer en este sistema de medidas, y al final las conclusiones se transferirán al sistema MKS.

La altura y diámetro de una chimenea apropiadamente diseñada depende de la cantidad de combustible a ser quemado, su naturaleza, el diseño del conductos de humos, con sus arreglos respecto al quemador y la altitud del horno, o en este caso del incinerador, sobre el nivel del mar.

Arrastre es la diferencia de presión obtenida para producir un flujo de los gases. Si los gases dentro de la chimenea son calentados, cada volúmen unitario será expandido, y el peso del gas expandido por unidad de volúmen será menor que aquel de una unidad de volúmen de aire frío en el lado exterior de la chimenea. Aún más , la unidad de presión para la base de la chimenea debido al peso de la columna de gas calentado será mayor que aquella de la columna de aire frío. Esta diferencia en presión , causará un flujo de los gases dentro de la base de la chimenea. En el paso a la chimenea el aire necesita pasar a travéz de la superficie o superficies de los hornos o calderos conectados a esta, y en este movimiento serán calentados . Este calentamiento del gas tambien aumentará en la chimenea y la acción sera contínua.

La intensidad del arrastre , o diferencia en presión, es usualmente medido en pulgadas de agua.

El mejor método apropiado para determinar la proporciones convenientes de chimeneas y ductos de humos es dependiente del principio de que si el área seccional de la chimenea es suficientemente grande para el volúmen de gases a ser manejados, la intensidad del arrastre o draft dependerá directamente de la altura; por tanto, el método de procedimiento es como sigue:

1.- Seleccione una chimenea de tal altura que produzca una diferencia de presión requerida por el carácter particular del combustible y la cantidad a ser quemada por unidad de área de superficie de las parrillas.

2.- Determine el área seccional necesaria para manejar los gases sin excesivas pérdidas friccionales.

FORMULA PARA EL ARRASTRE TEORICO.

Nosotros hallamos el valor teórico del arrastre , mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$D_t = 0.52 \times H' \times Po \times (1/T_o - 1/T_g)$$

En la cual:

H' :altura hasta el tope de la chimenea desde las parrillas, en pies.

Po :presión atmosférica, lb/pg^2

T_o :Temperatura absoluta atmosférica.

T_g:Temperatura absoluta de los gases de escape.

En esta fórmula no tomamos en cuenta la densidad de los gases del conducto de humos, ésta será asumida como la misma que la del aire.
El producto $0.52 \times Po \times (1/T_o - 1/T_g)$ lo podemos reemplazar como K , y por consiguiente,

$D_t = K \times H'$.

PERDIDAS DEBIDO A LA DIFERENCIA DE PRESION.

La intensidad del arrastre es determinada por la fórmula de arriba que es teórica y nunca puede ser observada con un indicador de arrastre o algún aparato medidor.

Aún más si las puertas de la cámara de cenizas del incinerador están cerradas y nó hay fuga perceptible de aire a travéz del conjunto, el arrastre medido para la base de la chimenea sera aproximadamente el mismo como el teórico.

La diferencia existente en todo caso representa la presión necesaria para forzar los gases a travez de la chimenea contra su propia inercia y la fricción contra los lados. Esta diferencia puede incrementarse con la velocidad de los gases. Con las puertas de la cámara de recolección de cenizas cerradas, el volumen de gases pasando a la chimenea es un mínimo y la fuerza máxima del arrastre será mostrado por un indicador.

Como las mediciones son tomadas a lo largo de la línea del flujo de los gases, las lecturas disminuirán cuando los puntos para lo cual ellos sean tomados estén más lejos de la chimenea ; hasta en el foso de cenizas, con

las puertas de el foso abiertas para admitir libremente el aire lo que hay es una pequeñísima o nó perceptible elevación en el agua del indicador.

Los deflectores y el combustible en las parrillas retardan el pasaje de los gases y el arrastre desde la chimenea es requerido para sobrellevar la resistencia ofrecida por los varios factores. El Arrastre para la parte posterior del conjunto , donde la conección de la chimenea es realizada puede ser 0.5 pulg. mientras que en la superficie directamente sobre el fuego esta no puede estar sobre , 0.15 pulg; la diferencia será el arrastre requerido para sobrellevar la resistencia ofrecida en la fuerza de los gases a travez de su camino.

Uno de los mas importantes factores a ser considerados en diseñar una chimenea es la presión requerida para forzar el aire para la combustión a travéz del lecho del combustible sobre la parrillas.

Esta presión puede variar con la naturaleza del combustible usado y en muchos casos puede ser un gran porcentaje del arrastre total.

En el caso del arrastre natural, su medición es encontrada directamente por anotación del arrastre en la superficie, para el diseño apropiado en las puertas del foso de cenizas es evidente que la presión bajo las parrillas no difiera senciblemente de la atmosférica.

PERDIDAS EN LA CHIMENEA.

La diferencia entre el arrastre teórico y la cantidad perdida por fricción en la chimenea es el draft útil. O el que el indicador del arrastre da luego de conectarlo a la base de la chimenea.

La suma de las pérdidas en el ducto de humos, cámaras de combustión y superficies será equivalente al arrastre útil, y como estas cantidades pueden ser determinadas de anotaciones y experimentos, el problema de diseñar una horno , con su chimenea se reduce a calcular el arrastre útil.

Las pérdidas de la chimenea debido a la fricción de los gases puede ser calculada de la siguiente formula:

$D_{ch} = (fx\ Wg^2 x C x H')/A^3.$

en la cual:

D : perdidas de la chimenea , pulg de agua.

Wg: peso del gas pasando, libras/segundo.

C : perímetro de la chimenea, pies.= Ñ x D

f : una constante, con los siguientes valores al nivel del mar:

0.0015 para chim. de acero,T de gases=600°F.

0.0011 para chim. de acero,T de gases=350°F.

0.0020 para chim. de ladrillo o ladrillo revestido, T de gases=600°F.

0.0015 para chim. de ladrillo o ladrillo revestido, T de gases=350°F.

ARRASTRE UTIL.

El útil es igual a la diferencia entre el draft teórico y las pérdidas de la chimenea , quedando:

$d' = \text{Arrastre útil} = KxH' - (fxWg^2xCxH') / A^3 .$

CALCULOS:

a.- ARRASTRE UTIL O DISPONIBLE.- Es la suma de la pérdidas en el flujo.

En nuestro caso:

- Pérdidas en el codo de la chimenea 0.05"agua.
- Pérdidas en la cámara de combustión 0.02"agua.
- Pérdidas en el depurador de Humo 0.01"agua.
- Pérdidas en el recolector/cenizas 0.02"agua.

TOTAL ARRASTRE UTIL: 0.10"agua.

b.- ARRASTRE TEORICO: $K \times H'$

En donde $K = 0.52 \times Po \times (1/T_o - 1/T_g)$.

Para nuestro caso, considerando:

$To = 90\ ^oF = 550\ ^oR$.

$T_g = 700\ ^oF = 1160\ ^oR$., temperatura promedio en prueba de laboratorio.

$Po = 14.7\ lbs/pulg^2$, al nivel del mar.

$K = 0.0073083$, por consiguiente:

$D_t = 0.0073083 \times H'$.

c.- PERDIDAS EN LA CHIMENEA, debido a la fricción de los gases,

$D = f \times Wg^2 \times C \times H'/A^3$.

$f = 0.0015$

W= 80 (Kg/h) x 2.205 (lb/Kg) / 3600 s. (para la celulosa).

Wg = 0.49 lbs/seg.

C = π x D.

A = π x $D^2/4$

D = 0.0015 x 0.049 x π x D x H' x 64 / π^2 x D^6

D_{ch} = 2.3354 x 10^{-4} x H' / D^5

ARRASTRE UTIL=ARRASTRE TEORICO - PERDIDAS EN LA CHIMENEA.

0.1 = 0.0073083 x H - 2.33 x 10^{-4} x H / D^5.

I por lo tanto:

H' = 1000 / (73.083 - 23.354 / D^5)

Asumiendo valores de D, podemos encontrar H'.

Si D = 1	H' = 20.1 pies	y C = 3.14 pies
= 1.25	= 15.28	= 3.92
= 1.50	= 14.28	= 4.71
= 1.75	= 13.95	= 5.49
= 2.00	= 13.82	= 6.28
= 3.00	= 13.70	= 9.42.

Por construcción , ya que las planchas comerciales son en medida de 4 x 8 pies, la segunda opción es la más conveniente.

En conclusión las medidas seleccionadas para la chimenea son :

D= 1.25 pies (0.38 m) y H' = 15.28 pies (4.66 m)

2.1.6 SUMINISTROS

Se entiende por suministros , las diferentes formas de energía que son utilizadas por el incinerador durante se funcionamiento.

De acuerdo a este diseño , se necesita:

a.- Suministro de una llama piloto , proveniente de un quemador que extraiga la energía del Diesel No 2.

b.- Suministro de la cantidad de aire necesaria para la combustión.

c.- Suministro del agua para el lavador de humos.

d.- Suministro de energía eléctrica, tanto para el quemador , así como para el ventilador.

a.- Llama piloto.- Se coloca estrategicamente un quemador , capáz de suministrar una llama para iniciar la combustión. Para el efecto , uno de los más pequeños que se encuentran en el comercio es suficiente (2.5 a 3 galones por hora).

La selección del quemador es puramente económica , sabiendo que el mismo solo funcionará unos instantes al inicio de cada jornada de incineración . La experiencia del ingeniero juega un papel importante en seleccionar uno de buena calidad . Los catálogos del quemador seleccionado se verán en el APENDICE 8, en ellos tambien se encuentran las recomendaciones para la instalación del tanque de diario de diesel . Para el montaje se tuvo cuidado de dirigir la llama

hacia el centro geométrico de los materiales que se incinerarán, hay que preveer que las llamas de combustión de los desperdicios no lleguen a tocar las boquillas del quemador.

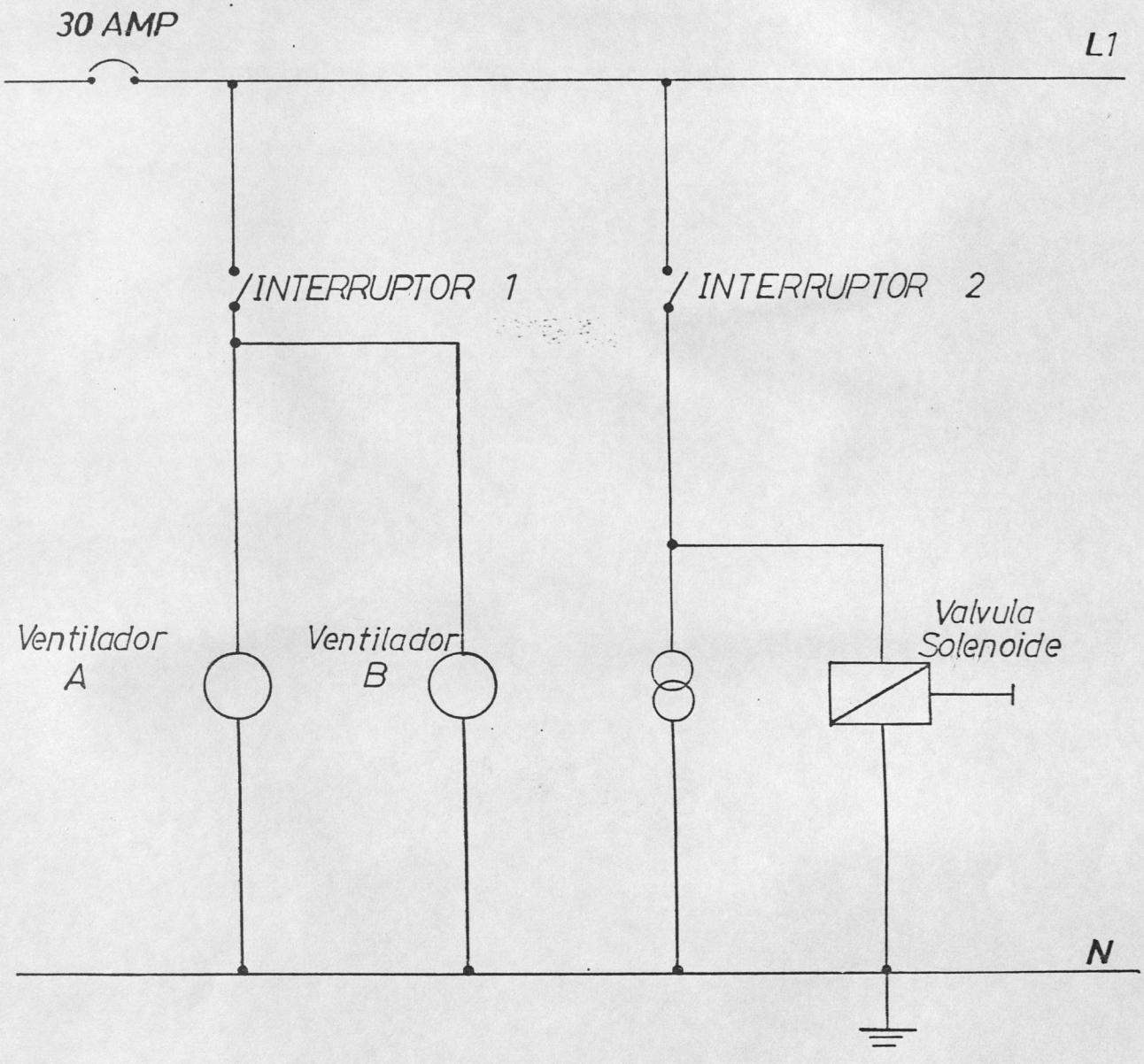
b.- Aire.- se consigue con la disposición de un ventilador con la capacidad indicada en los cálculos de combustión . Un ventilador del tipo centrifugo es lo que nos interesa y la especificación se cumple con uno de 4" de diámetro en la boca de suministro. La entrada del aire es graduable. El montaje se lo dispuso de tal forma que las llamas o cenizas calientes no tengan contacto con el mismo.

c.- Agua.- Simplemente se prevee la presencia del agua en el sitio. El suministro se lo hace a una presión de 7 psig. a travéz de una tuberia de 3/4" y el caudal esta controlado con la disposición de dos válvulas.

d.- Energía eléctrica, Tanto el quemador, así como el ventilador necesitan energía eléctrica a 110 V, 60 Hz.

2.2 DISEÑOS DE INGENIERIA ELECTRICA.

En la Fig No. 13 , veremos un diagrama eléctrico de los circuitos del incinerador , el montaje del circuito en realidad no representa mayor grado de dificultad y por lo tanto en este diagrama se resume toda la información pertinente.



Transformador 110 –10000 V para arco de encendido

Johnson & Johnson del Ecuador

Diagrama del circuito eléctrico del incinerador

FIG. No. 13

2.3 DISEÑOS DE INGENIERIA CIVIL.

En esta parte , trataremos el diseño de la base del incinerador, que ha sido incluída en esta tesis por ser de interes del ingeniero mecánico para el diseño de las bases para los montajes de cualquier maquinaria. La secuencia del diseño la podemos resumir asi:

a.- Estudio del suelo.

b.- Cálculo de la capacidad soportante del suelo.

c.- Diseño estructural.

d.- Diseño a la flexión.

e.- Cálculo de la armadura.

a.- Estudio del suelo.- Se realizó una perforación en el sitio para estudiar las características del suelo en el lugar de construcción del incinerador. Ver informe del estudio en el APENDICE No 6.

b.- Cálculo de la capacidad soportante del suelo.- Para obtener la capacidad de soporte del suelo, lo hacemos utilizando la Ecuación de Terzaghi.

$q_{nf} = c \times Nc + p_o\,(Nq - 1) \times \gamma \times (B/2) \times Nr.$

en donde:

c = cohesión del suelo.

p_o= presión efectiva de sobrecarga del suelo al nivel de cimentación.

γ = densidad del suelo al nivel del suelo.

Nc,Nq,Nr = son factores de carga que dependen del ángulo de fricción.

$c = q_u/2 = 0.29/2 = 0.149\ Kg./cm^2 = 1.45\ T/m^2.$

qu: factor de compresión simple (ver Apéndice No. 6.)

Debido a que en el subsuelo en que vamos a cimentar no hay ángulo de fricción, los factores de carga serán:

Nc = 7,este es valor constante para cimentaciones superficiales.

Nq = Nr = 0.

La presión efectiva de sobrecarga $p_o = \gamma h$., γ =1.516, del Apendice 9.

= 1.516x 0.20 = 0.30 T/m^2.

Se asume el ancho de la base B= 2 m. y se reemplaza los valores en la ecuación.

q_{nf} = 1.45x7 + 0.303 x (0-1) x 1.516 x (2/2) x 0

= 10.15 .

Usando un factor de seguridad = 2.5

q_{nf} = 10.15/2.5 = 4.06 T/m^2.

El peso del incinerador (P) se estima en 3.86 Ton,y esta fuerza se distribuye en un area:

$A' = P/q = 3.86/4.06 = 0.95\ m^2$

La sección del incinerador: 1.25 x 2.50 m.

La sección de la base : 3.00 x 6.50 ,ya que se necesita areas de circulación.

Como Ab = 19.5 m^2 > 0.95, Ab sera un valor correcto.

Ahora consideremos el peso de la base:

Pb = 3 x 6.5 x 0.20 x 2.40 = 9.36 T. (2.4 es la densidad del hormigón armado).

Peso del suelo a excavar:

Ps = 3 x 6.5 x 0.2 x 1.8 = 7.02 T. (1.8 es la densidad del relleno).

Peso total: Pt = P + Pb - Ps.= 3.86+9.36 - 7.02

Pt = 6.20 T.

A = 6.20 / 4.06 = 1.52 m^2 , que es el área mínima requerida para la base, por lo tanto la medida de 3 x 6.5 es correcta.

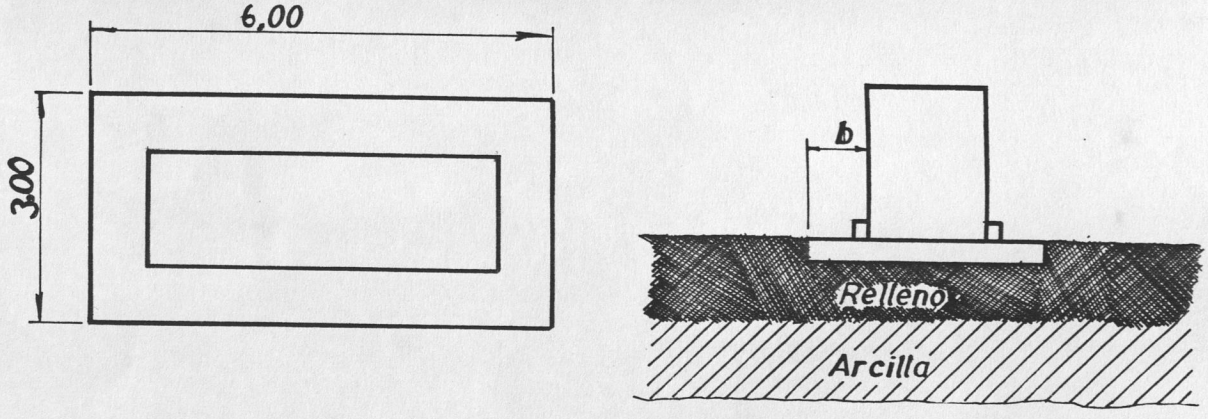


Fig. No. 14 : Medidas de la Base

c.- Diseño estructural.- Para realizar el diseño estructural de la base consideremos a la misma como una losa apoyada en el suelo , similar a la que se usan como pavimento de calles y carreteras.

d.- Diseño a la flexión.- (Ver la Fig. No. 15) ,Se considera a la base trabajando a la flexión y corte en el sentido longitudinal, y se acepta que el máximo momento actúa en la sección de la cara del incinerador (sección A-A) y el corte máximo en una sección ubicada a una distancia "d" de la anterior (Sección B-B).

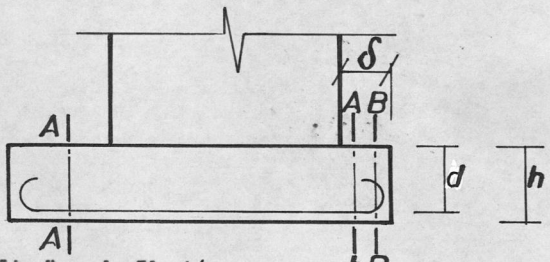


Fig. No. 15: Diseño a la Flexión.

Por lo tanto:

$Mu = pu\ ((1-a)/2)((1-a)/2) x\ (1/2) = (pu/8)(1-a)^2$

$Vu = pu\ ((1-a)/2 - d).$

Calculando el momento último Mu, en el caso más crítico:

$= 5/8\ (4.0-2.5)/2-0.2) = 3.16\ T-m.$

Calculando el cortante último:

$= 5 x\ °(4.0-2.5)/2 - 0.2ç = 2.75\ T.$

El esfuerzo de corte admisible del hormigón , vc:

$vc = 1.68\ (f'c)^{1/2}.$

$= 1.68 x\ (210)^{1/2}.$

La altura necesaria para la base será:

$vc = Vu/(D' \times b \times d)\ 1.68\ (f'c)^{1/2}$

$D' = 0.85$

$b = 1$

$d = Vu/0.85\ Vc = 2.75/(0.85 \times 1.68 \times 210^{1/2})$.

$d = 0.12$ m < 20 cm. este es un valor correcto.

e.- Cálculo de la armadura.- La flexión:

$As = \rho \times b \times d$. ,esta es la sección del hierro.

$\rho = 0.75\ \rho_b$.

* $\rho_b = 0.85\ B1(f'c/fy).\ 6100/(6100+fy)$

* $\rho_b = 0.85 \times 0.85 \times (210/2800) \times 6100/(6100+2800)$.

* $\rho_b = 0.037$.

$\rho = 0.75 \times 0.037$.

$\rho = 0.0278$.

$As = 0.0278 \times 100 \times 20$

$= 55.70\ cm^2$.

= 18 varillas de 20 mm., colocadas longitudinalmente.

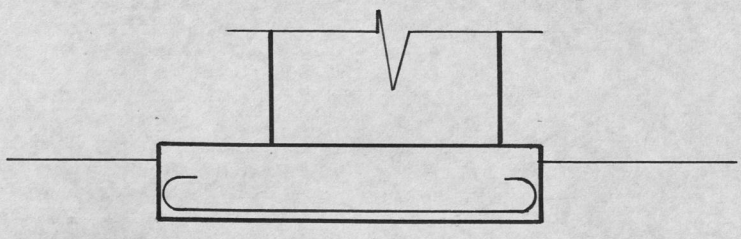


Fig. No. 16 : Armadura de la Base.

III .CONSTRUCCION E INSTALACION

3.1 SITIO DE MONTAJE

Se prefiere los sitios aislados para evitar quejas de los habitantes vecinos del lugar, sin embargo, un incinerador correctamente diseñado y operado no presenta molestias y estos dispositivos pueden ser instalados en áreas industriales y comerciales, quitando así el problema económico de largos transportes en camiones.

El montaje se lo realizará en los terrenos de la Compañia Johnson & Johnson del Ecuador S. A., ubicados en el Km 1.5 en la via Durán Tambo. El Departamento de Ingeniería de la industria señaló el lugar en donde se lo debía colocar, para hacerlo se tomó en cuenta la ubicación con respecto a los edificios, la manipulación de los desperdicios y la evacuación de los mismos.

La orientación del equipo se la determinó según la dirección de los vientos (sur - norte) tomando en cuenta que los humos de la chimenea no afecte el funcionamiento del equipo.

En el Fig. No. 17 , podemos apreciar la ubicación de los terrenos de la cia Johnson & Johnson y en la Fig. No. 18 , observaremos la ubicación y orientación del incinerador.

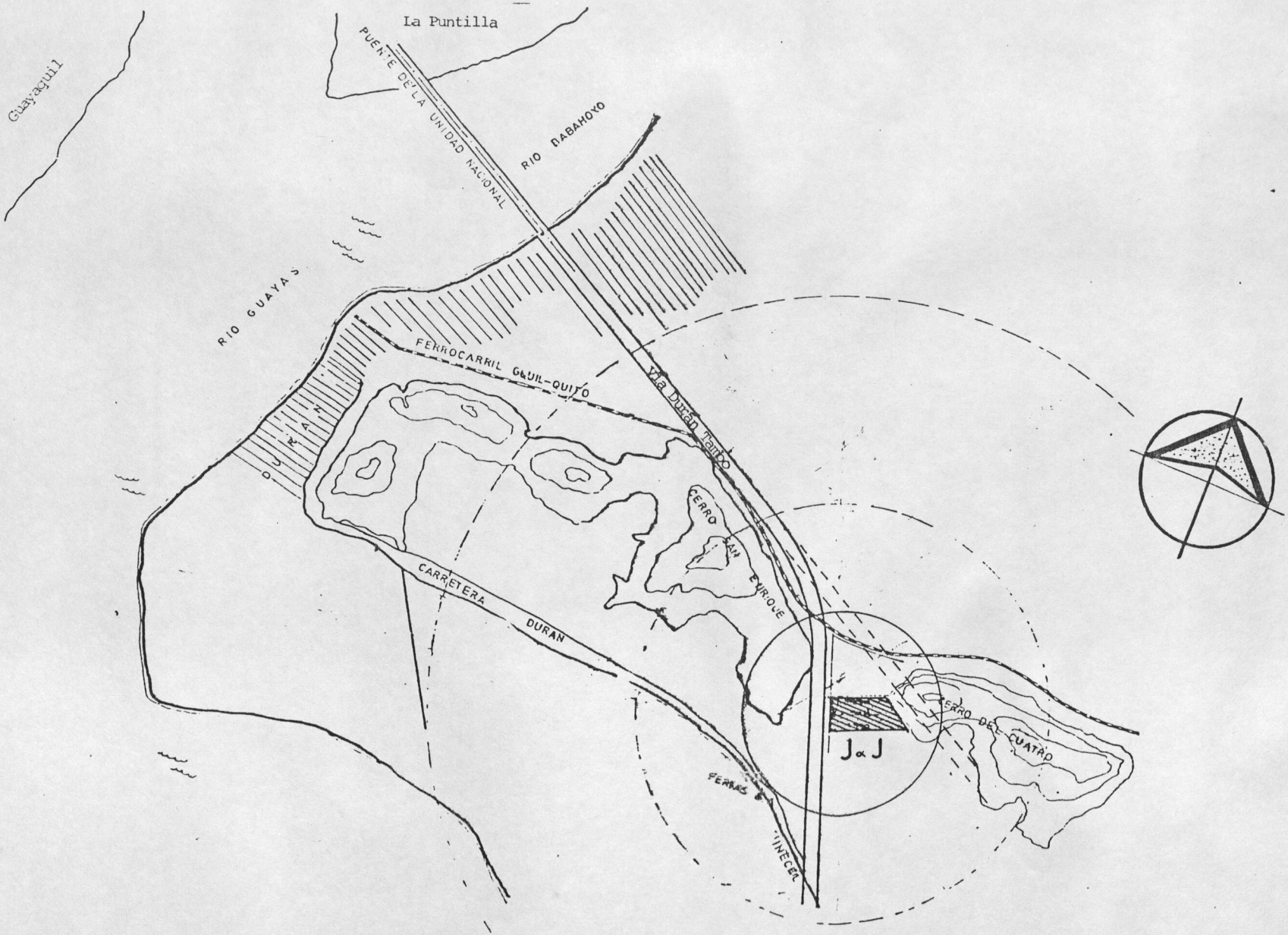


Fig. No. 17 : Ubicación de los Terrenos de Johnson and Johnson

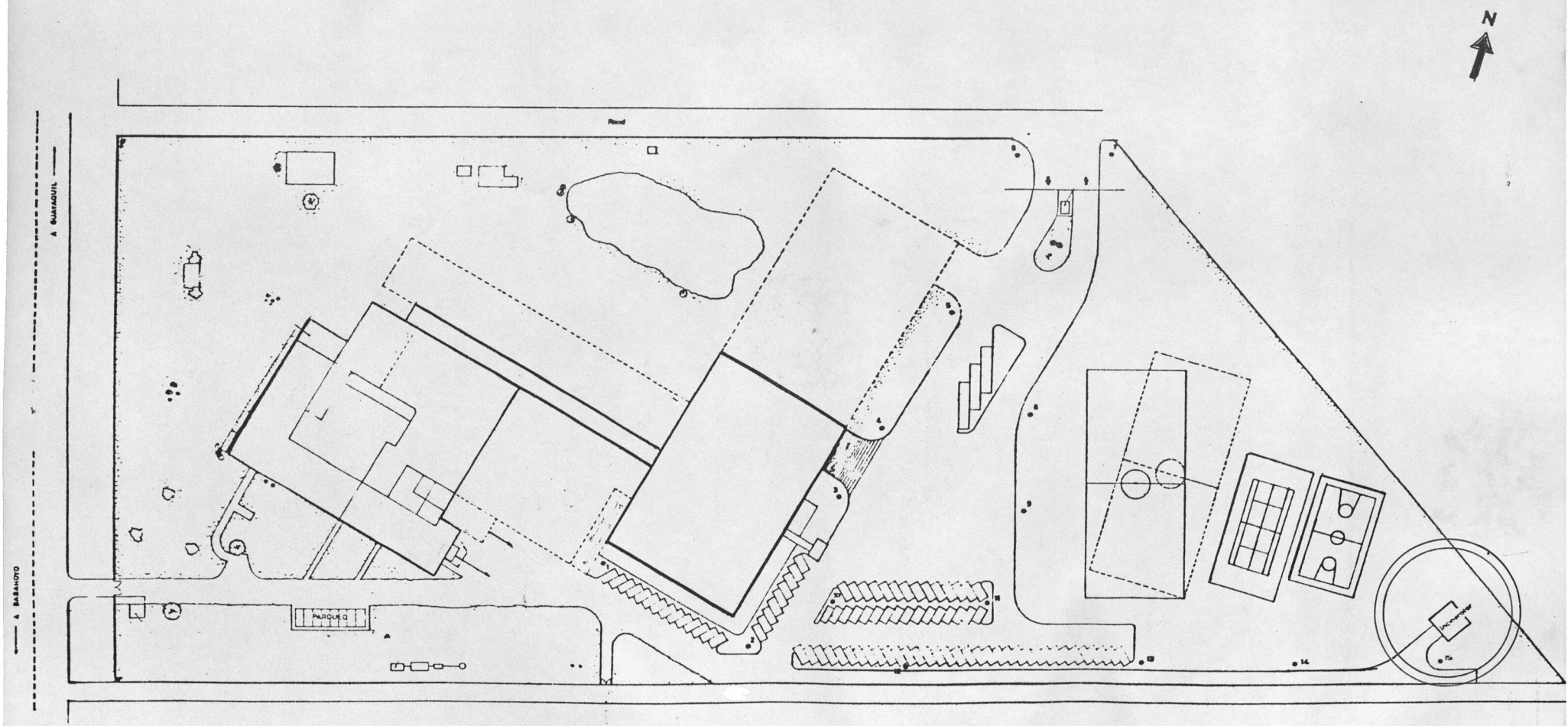


Fig. Nº 18: Ubicación y orientación del incinerador

3.2 SELECCION DE LOS MATERIALES

Cuando se trata de construir, el ingeniero constructor tiene que elegir los materiales haciendo un estudio económico del costo , teniendo en cuenta su calidad y rendimiento , hecho que redundará en la construcción de una máquina eficiente y de buena calidad.

La construcción del incinerador en un comercio relativamente joven , como el de la Ciudad de Guyaquil , en el que encontramos pocos proveedores de los productos, asi como pocas marcas de los mismos, el ingeniero tiene que recurrir a su experiencia para seleccionar materiales comercialmente buenos, de marcas de prestigio reconocido y adquirirlos en casas comerciales dignas de confianza.

En la Tabla No. 8 , se detalla un listado de los principales productos empleados en la construcción del incinerador , el nombre del proveedor y el criterio con que se lo eligió.

TABLA No 8: LISTA DE MATERIALES SELECTOS

MATERIALES	MARCA/PROVEEDOR	OBSERVACIONES
1.- Cemento	Rocafuerte	Calidad.
2.- Refractarios	Alfadomus	Económicos.
3.- Quemador	American Burner/ Maq. Henriquez	Buena calidad
4.- Soldadura	AGA	Buena calidad

3.3 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

Antes de iniciar la construcción de una maquinaria cualquiera, el buen ingeniero debe contar con una planificación tal que le permita determinar con bastante exactitud la secuencia óptima, la determinación de tiempos y determinación del número de actividades que le permitirá la realización de la obra dentro de ciertos parámetros de efectividad en términos de tiempos y calidad.

A la presentación de esta tesis, el incinerador ya esta construído, funcionando y se puede decir que por tratarse de una obra piloto hubieron algunos factores que no intervinieron en la planificación inicial, lo que dificultó poner el incinerador en funcionamiento dentro del tiempo estipulado originalmente . Estos factores pueden calificarse como:

-Determinación de valores experimentales.

-Mediciones experimentales de los parámetros.

-Calificación de los accesorios.

-Cambios en el diseño original.

Existen otros factores , que hay que mencionar, ya que los mismos siendo ajenos al control ingenieril, son factores poderosos que inciden en la duración de las actividades . Estos pueden calificarse como:

-Ausencia de materiales en el comercio.

-No disponibilidad de la maquinaria a usarse.

-Factores ambientales.

El procedimiento de construcción que ha continuación se describe, asume que ninguno de estos factores mencionados incide en la realización de la obra, y sirve de gran ayuda para referencia en la construcción de un futuro incinerador.

El procedimiento de construcción se puede planificar siguiendo los pasos:indicados:

- Identificación y determinación de las actividades que hay que realizar.
- Definición de las actividades.
- Programación mediante un procedimiento adecuado.

En lo que sigue podremos ver la identificación y definición de las actividades experimentadas en la construcción del incinerador :

NIVELACION Y COMPACTACION DEL TERRENO.- El terreno asignado para la construcción , en este caso y generalmente para toda construcción se lo encuentra

no preparado, es decir ,con malezas, fango, desnivelado, de esta manera hay que realizar su preparación previo las labores propias de montaje del equipo.

TRAZADO Y REPLANTEO DE LAS AREAS.- Es la actividad durante la cual se ubica en el terreno las cotas y medidas de la construcción, aqui se determina el lugar exacto en que va ha ir el equipo y sus componentes auxiliares.

INSTALACION DE TOMA DE AGUA , y DE LOS SUMINISTROS.- en la mayoria de las construcciones esta constituye una de las primeras actividades que hay que realizar , pues agua, energía eléctrica y otros son indispensables para la realización de una obra, esto tiene que ver tambien con el bienestar del personal y funcionamiento de las máquinas herramientas,además de que el agua tambien es una materia prima de construcción.

CONSTRUCCION DE LA BASE.-es la realización del encofrado, preparación del hormigón, disposición de la estructura interna del hierro para el hormigón,fundición ,enlucido y fraguado de la base del equipo.

CONSTRUCCION DEL DEPURADOR DE HUMOS.- a)EN EL TALLER, es el trazado , doblado y soldado de las planchas de galvanizado para formar el depurador. b) INSTALACION, es su colocación misma en el incinerador, realización de las acometidas de agua, con sus válvulas y la instalación del drene.

ESTRUCTURA PRINCIPAL.-a)EN EL TALLER, es el corte, soldado y pintado de la estructura principal que soportara las paredes del incinerador. b)INSTALACION, es la colocación de la estrucctura en la base, corrección de las medidas, y terminación del armado en el lugar.

INSTALACION DE LA TOLVA.-Colocación de la tolva de ingreso de los materiales en la estructura principal.

INSTALACION DE REFRACTARIOS.-Aquí se define la preparación de los ladrillos, la imersión de los mismos,la preparación del mortero, y su disposición para formar las paredes ,en el ANEXO 7 del Apéndice se adjunta una técnica que se utiliza para la colocación de refractarios , la misma que es una técnica de ladrillos de marca diferente a los que se usan en el incinerador , pero se la adjunta ya que es una magnifica ayuda para los que se quieran instruir al respecto. En el montaje de los refractarios se aplicó una técnica semejante.

PLANCHAS DE GALVANIZADO.-Es el corte, doblado en taller y colocación de las planchas de galvanizado sobra las paredes de refractario para efectos de aislación termica y presentación del equipo.

CHIMENEA.-a)EN EL TALLER, es el trazado, corte, rolado y soldado de las planchas,inclusive la construcción de su guarda lluvias, asi como el trazado y corte de la estructura que sustenta la chimenea. b) INSTALACION, es el montaje de las partes de la chimenea, sobre su estructura de sustentación y su acoplamiento al depurador.

INSTALACION DEL QUEMADOR Y VENTILADOR.-es la ubicación de estos dispositivos en sus respectivos lugares de funcionamiento, con sus acometidas eléctricas y el tanque de diario de diesel para el quemador, que según el catálogo de montaje, debe estar ubicado preferentemente por encima del nivel del quemador para autocebamiento.

INSTALACION DEL TANQUE DE DIARIO.-Es su preparación en el taller, con su visor de nivel , su drene, escape de gases y su colocación en el área del incinerador , sobre su propio soporte.

CONSTRUCCION DEL CONTRAPISO.-Es la preparación del encofrado, preparación del concreto , su disposición y enlucido de la losa que servirá de almacenaje de los desperdicios , áreas de trabajo y circulación , circundantes al incinerador.

CONSTRUCCION DE LA CUBIERTA.-Es el trazado, corte, ubicación de las columnas metálicas , vigas , cuerdas y sus respectivas soldaduras para formar la estructura de soporte y la colocación de las planchas de asbesto que sirven para dar protección a las áreas de trabajo y al incinerador mismo contra los factores ambientales, principalmente previniendo epocas invernales.

CONSTUCCION DE PLATAFORMA DE CARGA.- Es el trazado, corte , disposición , armado mediante soldadura y pintado de la estructura que facilite la carga del incinerador.

PROGRAMACION DE LOS TRABAJOS

Con la anterior definición de las actividades, se presenta en la Figura No 19 la programación de los trabajos según la técnica PERT, que es un instrumento primordial para la planificación de una obra, y también a continuacion observamos en la Tablas No 9, los cálculos de los tiempos que siguiendo la técnica del PERT nos ha permitido calcular los tiempos probables de realización de cada actividad , duración de la obra y la ruta crítica. A continuación tambien tendremos la oportunidad de observar una secuencia fotográfica de la construcción del incinerador.

De acuerdo al PERT de la OBRA, el tiempo de ejecución de la misma es

90 Dias

La ruta critica esta asentuada en el diagrama de la Fig. No 19., y los tiempos a , b , c y d han sido calculados segun la Tabla No. 9 , definidos así:

a: Límite inferior de comienzo de la actividad.

b: Límite superior de comienzo de la actividad.

c: Límite inferior de terminación de la actividad.

d: Límite superior de terminación de la actividad.

P E R T

INCINERADOR

JOHNSON AND JOHNSON

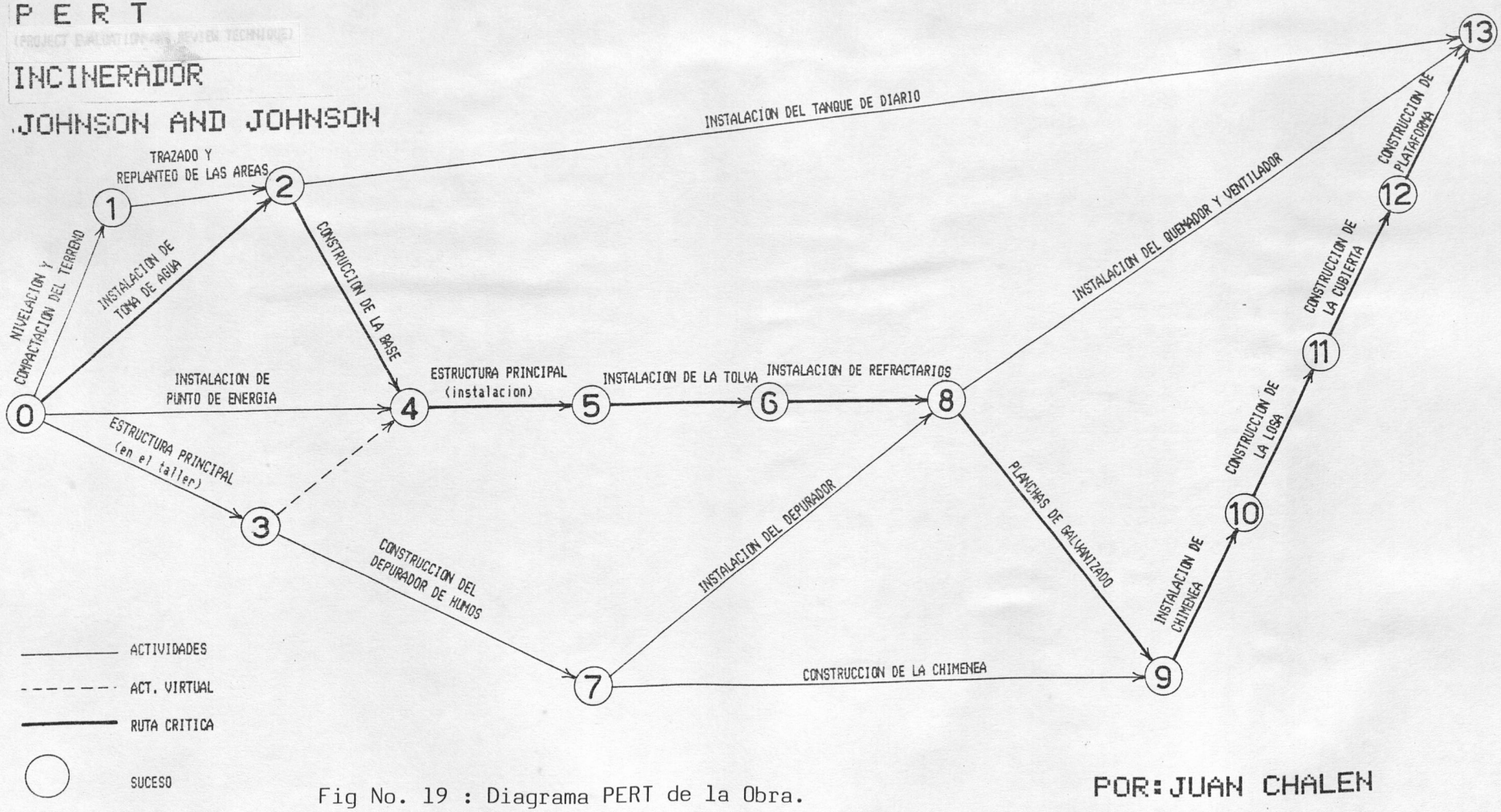


Fig No. 19 : Diagrama PERT de la Obra.

POR: JUAN CHALEN

TABLA No. 9
Teécnica PERT
INCINERADOR PARA JOHNSON AND JONHSON
TIEMPOS ESTIMADOS, CALCULADOS Y DETERMINACION DE RUTA CRITICA

Actividades	Sucesos		Tiempos estimados						COMIENZO		TERMINO		Tiempo
	i	j	a	n	b	Te	Tmin	Tmax	a	b	c	d	libre
Niv y Comp.	0	1	4	5	10	6	6	3	0	3	6.00	9.00	3
Agua	0	2	5	10	20	11	11	0	0	0	11.00	11.00	0
Estruct Prin.	0	3	4	5	7	5	5	21	0	21	5.00	26.00	21
Ins. Energ.	0	4	7	15	21	15	15	12	0	11	15.00	26.00	11
Replanteo	1	2	1	2	3	2	8	9	6	9	8.00	11.00	3
Tanque dia.	2	13	2	4	7	4	15	86	11	86	15.00	90.00	75
Base	2	4	12	15	20	15	26	11	11	11	26.00	26.00	0
-----	3	4	0	0	0	0	5	26	5	26	5.00	26.00	21
Const.Depur	3	7	5	10	14	10	15	32	5	32	15.00	42.00	27
Inst.Estruc.	4	5	1	2	5	2	28	26	26	26	28.00	28.00	0
Tolva	5	6	2	4	5	4	32	28	28	28	32.00	32.00	0
Refractarios	6	8	7	12	14	12	44	32	32	32	44.00	44.00	0
Instal.Depur	7	8	1	2	4	2	17	42	15	42	17.00	44.00	27
Cons.chimenea	7	9	3	5	7	5	20	47	15	47	20.00	52.00	32
Quem y Vent.	8	13	1	2	4	2	46	88	44	88	46.00	90.00	44
Planchas	8	9	5	8	10	8	52	44	44	44	52.00	52.00	0
Inst.Chimenea	9	10	3	4	7	4	56	52	52	52	56.00	56.00	0
Losa	10	11	5	10	12	10	66	56	56	56	66.00	66.00	0
Cubierta	11	12	10	12	14	12	78	66	66	66	78.00	78.00	0
Plataforma	12	13	10	12	14	12	90	78	78	78	90.00	90.00	0

SECUENCIA FOTOGRAFICA DE LA CONSTRUCCION.

Fotografía No. 1: ASPECTO GENERAL DEL SITIO DE MONTAJE.



Fotografía No. 2: TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACION DEL TERRENO



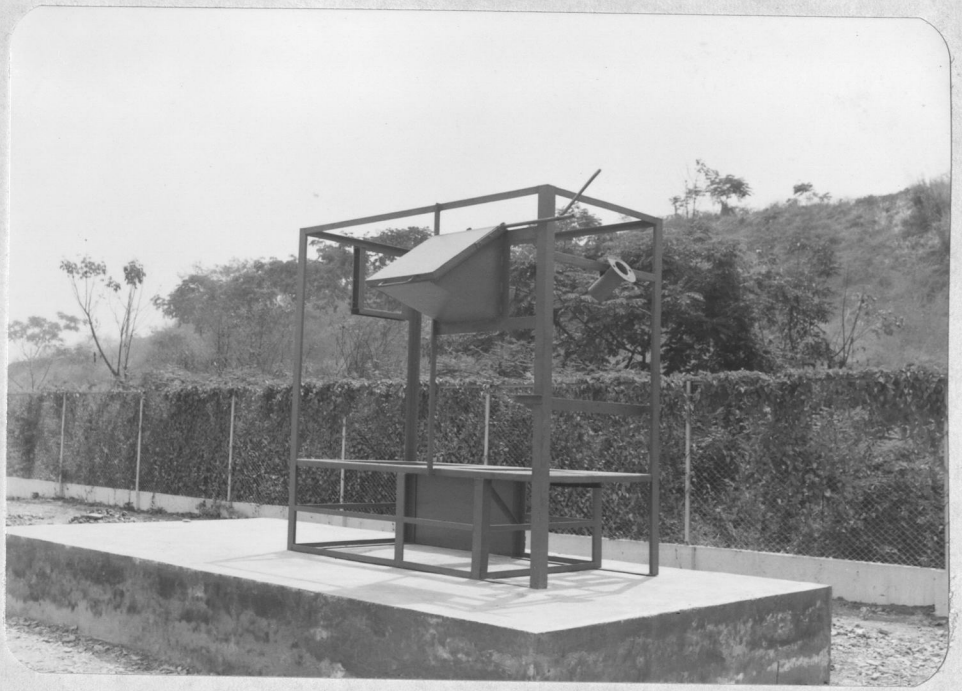
Fotografía No. 3: BASE



Fotografía No. 4 : ASPECTO DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL.



Fotografía No. 5: TOLVA DE ALIMENTACION.



Fotografía No. 6: CONSTRUCCION DE LA CAMARA DE INCINERACION.



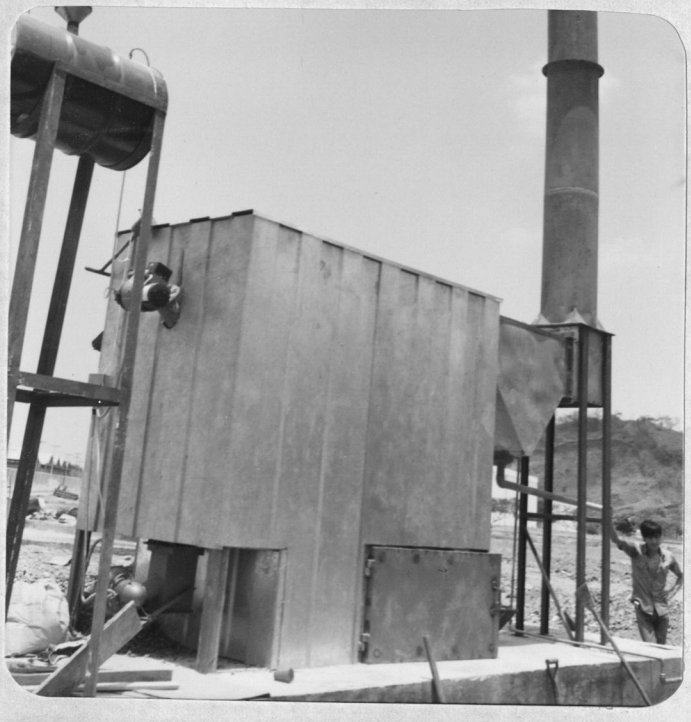
Fotografía No. 7: PLANCHAS DE GALVANIZADO INSTALADAS.



Fotografía No. 8: ASPECTO DEL DEPURADOR E INSTALACION DE LA CHIMENEA



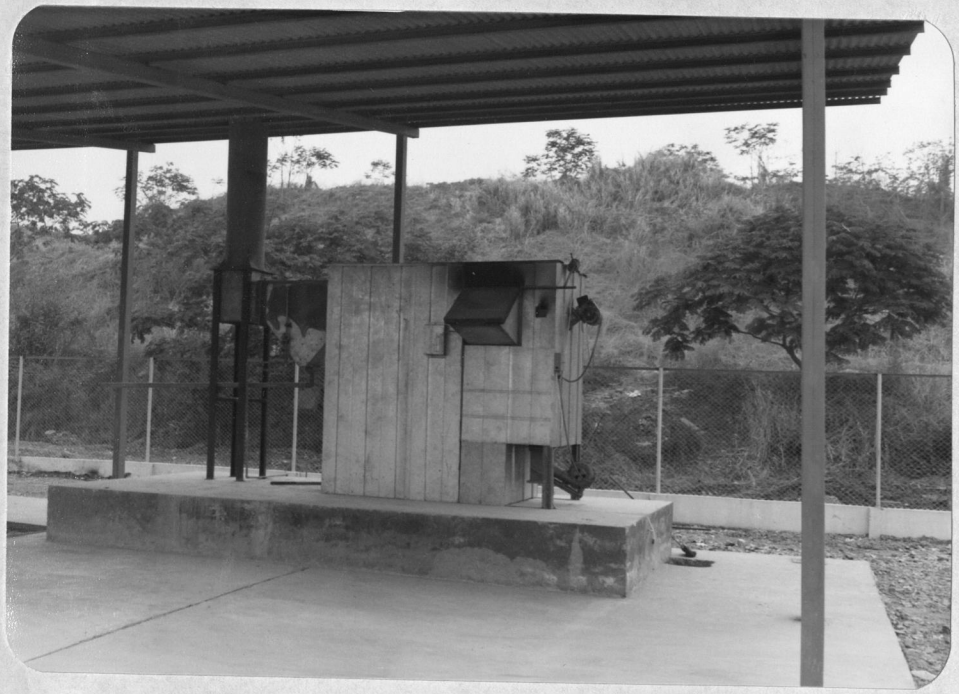
Fotografía No. 9: QUEMADOR Y VENTILADOR INSTALADOS.



Fotografia No. 10: ASPECTO DEL CONTRAPISO Y CUBIERTA



Fotografía No. 11: DRENE DEL DEPURADOR



Fotografía No. 12: PLATAFORMA DE CARGA Y TANQUE DE DIARIO.



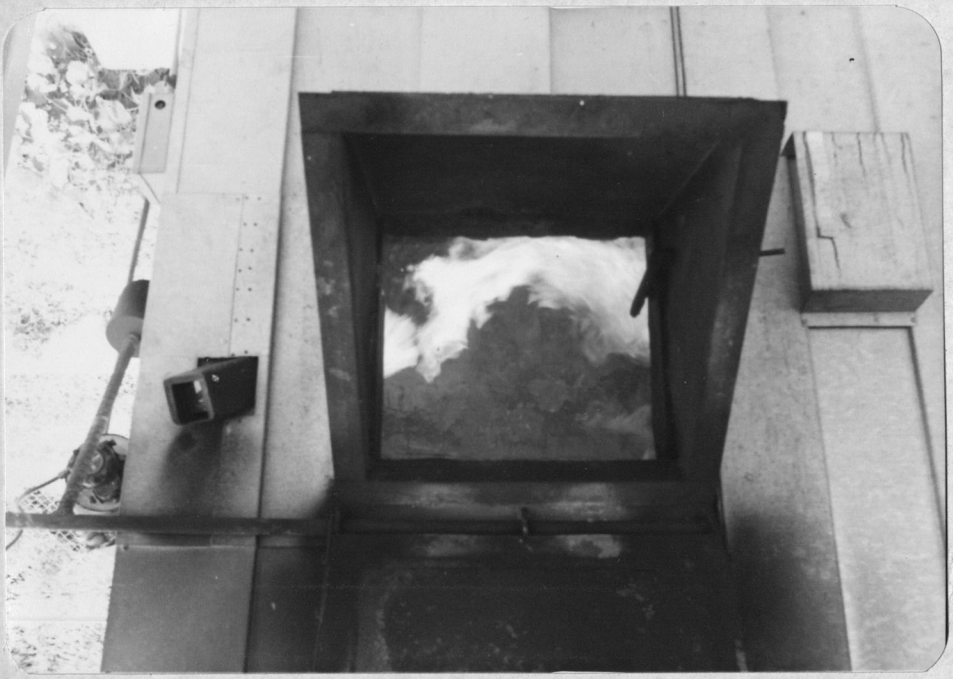
Fotografía No. 13: ASPECTO GENERAL DEL INCINERADOR.



Fotografía No. 14: INCINERADOR EN FUNCIONAMIENTO.



Fotografía No 15: OTRO ASPECTO DEL FUNCIONAMIENTO.



IV. COSTOS DE CONSTRUCCION.

En este capítulo se presenta el desglose de los costos en que se incurrió para hacer efectiva la construcción, inclusive con los costos de la cubierta, contrapiso, y plataforma que en el inicio del proyecto no se contabilizaron.

Para una mejor comprensión, los costos de materiales y mano de obra se presentan por secciones del incinerador y al final se ve el resumen de los mismos.

4.1 COSTO DE MATERIALES

TABLA No. 10

SECCION: BASE DE HORMIGON

CARACTERISTICAS GENERALES: Las medidas son de 6 x 3 x 0.6 metros y la relación de los componentes es de 1 cemento x 2 arena x 3 piedra

No	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	OBSERVACIONES
1	Sacos de cemento Rocafuerte	56	u	306.00	17136.00	
2	Varillas de hierro corrugado					
	D=3/8''	6	q	1800.00	10800.00	
3	Arena fina	4	m3	700.00	2800.00	
4	Piedra No 4	6	m3	800.00	4800.00	
5	Tablas para encofrado	15	u	150.00	2250.00	
6	Cuartones	12	u	80.00	960.00	
7	Alambre galvanizado	2	Kg	200.00	400.00	

SUBTOTAL EN SUCRES.....S/. 39146.00

TABLA No. 11
SECCION: CAMARA DE COMBUSTION Y DEPOSITO DE CENIZAS
CARACTERISTICAS GENERALES: Construida en material refractario marca Alfadomus

No	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	OBSERVACIONES.
1	Ladrillos Alfadomus de 22x11x6 mm..	991	u	37.97	37628.27	
2	Mortero	10	q	830.00	8300.00	
3	Melaza	4	Gl	120.00	480.00	
4	Angulos de hierro estructural					
	de 3''x3''x1/4''x6m.	2	u	3450.00	6900.00	
5	Perfiles G de hierro estructural					
	de 4''x2''x1/8''x6m	2	u	1620.00	3240.00	
6	Varillas de hierro estructural					
	D=3/4'' x 6 m.	2	u	600.00	1200.00	
7	Un visor, listo para montar	1	u	900.00	900.00	
8	Planchas de hierro de					
	4' x 8' x 1/8''	1	u	5620.00	5620.00	
9	Planchas de hierro galvanizado					
	4' x 8' x 1/32''	7	u	1825.00	12775.00	
10	Switches electricos	2	u	950.00	1900.00	
11	Ventilador, 110V,7-35 Amp,1 f,					
	60 c, 4''	1	u	13890.00	13890.00	
12	Quemador Model E, Oil Burner					
	No T 6537 93	1	u	71500.00	71500.00	c/bomba M-J
13	Conductos electricos 1/2''x 3m	2	u	150.00	300.00	
14	Codos 90 x 1/2''	2	u	46.00	92.00	
15	Alambre flexible No 12	6	m	13.40	80.40	
16	Electrodos de soldadura AGA 6011	10	Kg	288.00	2880.00	
17	Angulos 2''x2''x1/8	2	u	1035.00	2070.00	
18	Platina 2''x 1/4''x 6m	2	u	700.00	1400.00	
19	Platina 1.5 ''x 1.25 ''x 6 m	1	u	600.00	600.00	
20	1 tanque 2Gl. para diario Diesel					
	con accesorios, inc. filtro/diesel.	1	u	3500.00	3500.00	
21	Varillas de 3/4'' D.	10	u	600.00	6000.00	

SUBTOTAL EN SUCRES.....S/.181255.67

TABLA No. 12
SECCION: DEPURADOR DE HUMOS
CARACTERISTICAS GENERALES: Diseñado para que una lluvia de agua limpie los humos de la combustión

No	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	OBSERVACIONES.
1	Planchas de hierro galvanizado					
	de 4' x 8' x 1/32''	3	u	1800.00	5400.00	
2	Válvulas de 1/2''	2	u	1330.00	2660.00	
3	Tubos de hierro galvanizado					
	Cel 40, D= 1/2'' x 6 m	1	u	1050.00	1050.00	
4	Codos de 90 , de 1/2''	6	u	46.00	276.00	
5	Uniones Universales	2	u	55.00	110.00	
6	Codos de 90 , de 2''	1	u	100.00	100.00	
7	Neplo de 14 cm, D= 2''	1	u	120.00	120.00	
8	Vigas G de 80 x 40 x 3 mm x 6 m	2	u	1350.00	2700.00	
9	Pernos c/anillo y tuerca 1''x 1/2	12	u	18.00	216.00	
10	Pernos c/anillo y tuerca 1''x 3/8	24	u	12.00	288.00	

SUBTOTAL EN SUCRES.....S/. 12920.00

TABLA No. 13
SECCION: CHIMENEA
CARACTERISTICAS GENERALES: EL Diámetro es = 0.38 m. y esta contruida con doble camiza a un espacio de 1''entre ellas.

No	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	OBSERVACIONES.
1	Planchas de hierro 4'x8'x1/16''	4	u	4200.00	16800.00	
2	Soldadura AGA 6011	1	Kg	288.00	288.00	
3	Pernos c/anillo y tuerca, 1''x3/8	12	u	12.00	144.00	

SUBTOTAL EN SUCRES.....S/. 17232.00

TABLA No. 14
SECCION: PLATAFORMA DE CARGA
CARACTERISTICAS GENERALES: Es el area en donde trabajara el operador,construida con sus guardas de seguridad y 3 escaleras de circulación.

No	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	OBSERVACIONES.
1	Planchas hierro corr. 4'x8'x1/8''	6	u	8170.00	49020.00	
2	Tubos de hierro ,D= 1.25 x 6m	12	u	2500.00	30000.00	
3	Angulos L 2 1/4''x 3/16''	6	u	24600.00	147600.00	
4	Soldadura AGA 6011	10	Kg	288.00	2880.00	
5	Pintura anticorrosiva	2	G	1400.00	2800.00	
6	Vigas G, 80 x 40 x 15 x 3 mm	3	u	1835.00	5505.00	
7	Vigas G, 100 x 50 x 20 x 3 mm	3	u	1620.00	4860.00	
8	Anglos de 1''x3/16''	10	u	620.00	6200.00	

SUBTOTAL EN SUCRES.....S/.248865.00

TABLA No. 15
SECCION: CUBIERTA
CARACTERISTICAS GENERALES: Estructura para proteger de la lluvia , el equipo y los desperdicios que se almacenen.

No	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	OBSERVACIONES.
1	Planchas Ardex Gigante 4'x8'	45	u	680.00	30600.00	Eternit
2	Planchas Ardex gigante 4'x 6'	15	u	535.00	8025.00	
3	Vigas G,80x40x3 mm,6m, (cubierta)	21	u	1350.00	28350.00	
4	Vigas G,150x50x3 mm,6m, (cubierta)	10	u	2500.00	25000.00	
5	Vigas G,150x50x3 mm,6m, (columnas)	18	u	2500.00	45000.00	
6	Soldadura Aga 6011	10	Kg	288.00	2880.00	
7	Pintura anticorrosiva	2	G	1400.00	2800.00	

SUBTOTAL EN SUCRES.....S/.142655.00

TABLA No. 16
SECCION: CONTRAPISO
CARACTERISTICAS GENERALES: El area es de 15 x 8.5 , e= 7 cm y la relacion del hormigón es: 1 cementox2 arenax4 piedra

No	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	OBSERVACIONES.
1	Sacos de cemento Rocafuerte	40	u	306.00	12240.00	Eternit
2	Arena fina	3	m3	700.00	2100.00	
3	Piedra No 4	5	m3	800.00	4000.00	
4	Tiras para encofrado	20	u	80.00	1600.00	
5	Clavos 2''	2	Kg	180.00	360.00	

SUBTOTAL EN SUCRES.....S/. 20300.00

TABLA No. 17
RESUMEN DEL COSTO DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	SUCRES
BASE DE HORMIGON	39146.00
CAMARA DE COMBUSTION Y DEPOSITO DE CENIZAS	181255.67
DEPURADOR DE HUMOS	12920.00
CHIMENEA	17232.00
PLATAFORMA DE CARGA	248865.00
CUBIERTA	142655.00
CONTRAPISO	20300.00
COSTO TOTAL DE LOS MATERIALES.....S/.	662373.67

4.2 COSTO DE LA MANO DE OBRA

TABLA No. 18

SECCION	PERSONAL	COSTO/HORA SUCRES	No HORAS	COSTO TOTAL. SUCRES
BASE	1 Supervisor	150.00	40	6000.00
	1 Albañil	90.00	120	10800.00
	1 Ayudante	70.00	120	8400.00
				25200.00
CAMARA	1 Supervisor	300.00	40	12000.00
	1 Maestro albañil	150.00	80	12000.00
	1 Albañil	90.00	80	7200.00
				31200.00
DEPURADOR	1 Supervisor mec.	300.00	20	6000.00
	1 Soldador	125.00	40	5000.00
	1 Mecánico	125.00	40	5000.00
				16000.00
CHIMENEA	1 Supervisor mec.	300.00	16	4800.00
	1 Soldador	150.00	16	2400.00
	1 Mecánico Rol.	150.00	16	2400.00
				9600.00
PLATAFORMA.	1 Supervisor	300.00	80	24000.00
	1 Soldador	150.00	80	12000.00
	1 Soldador	150.00	80	12000.00
				48000.00
CUBIERTA	1 Supervisor	300.00	80	24000.00
	1 Soldador	150.00	80	12000.00
	1 Soldador	150.00	80	12000.00
	1 Ayudante	100.00	80	8000.00
	1 Ayudante	100.00	80	8000.00
				64000.00
CONTRAPISO.	1 Supervisor	150.00	40	6000.00
	1 Albañil	90.00	80	7200.00
	1 Ayudante	70.00	80	5600.00
				18800.00
COSTO TOTAL DE LA MANO DE OBRA.....S/.				212800.00

4.3 COSTO FINAL DE CONSTRUCCION DEL INCINERADOR
DE DESPERDICIOS PARA JOHNSON AND JOHNSON
TABLA No. 19

D E S C R I P C I O N	VALOR EN SUCRES
MATERIALES	662373.67
MANO DE OBRA	212800.00
SUB TOTAL	875173.67
DIRECCION TECNICA	87517.37
C O S T O T O T A L	962691.04 SUCRES

EL COSTO DE LA UNIDAD SOLAMENTE:

A) MATERIALES:	
CAMARA DE COMBUSTION:	181255.67
DEPURADOR	12920.00
CHIMENEA	17232.00
B) MANO DE OBRA:	
CAMARA	31200.00
DEPURADOR	16000.00
CHIMENEA	9600.00
	268207.67
DIRECCION TECNICA	26820.77
COSTO SOLO DEL INCINERADOR	295028.44 SUCRES

V. REALIZACION DE PRUEBAS Y EXPERIMENTACION.

5.1 VELOCIDAD DE INCINERACION.

Previo al inicio del diseño, se realizaron pruebas tendientes a observar el comportamiento experimental de la incineración y el arrastre de la chimenea se lo comprobó cuando estaba realizado el montage.

El siguiente es el reporte de las experiencias realizadas en el Laboratorio de Conversión de Energía de la ESPOL, para determinar la velocidad de combustión:

Fecha: Agosto de 1985.

Realizado por : Juan Chalen P.

Dirigido por : Ing. Marco Pazmiño B.

Equipo usado:

1 Horno Thermolyne (Sybron Corporation) Type 1500 furnace ; Volúmen de la Cámara , 4.25x4x9 pulg. ; Temperatura Máxima, 1370 ^{o}C (2500 ^{o}F). , equipado con potenciometro para control de la temperatura.

Procedimiento:

Se toma ejemplos característicos de los desperdicios y se los introduce al horno caliente , tomando las lecturas del peso de los desperdicios y el tiempo de incineración. Tambien se hacen observaciones acerca del comportamiento general de la operación.

Resultados:

1.- Con la puerta del horno abierta se tienen los siguientes resultados:

Una muestra de 8 gr se autocombustióna a los 5 segundos, tomando 1 minuto 15 segundos para incinerarse totalmente. Temperatura del horno= 260 ^{o}C (500 ^{o}F).

Observación: Si cerramos la puerta del horno la combustión se apaga, al abrir nuevamente la puerta, la combustión se reanuda con una explosión.

VELOCIDAD DE INCINERACION 1 = 16.54 $Kg/min-m^2$.

2.- Con la puerta del horno cerrada:

Una muestra semejante a la anterior de 8 gr se autocombustiona a los 5 segundos con una explosión, pero se apaga si se mantiene cerrada la puerta. Para lograr la combustión total hay que habrir la puerta, dejando que ingrese Oxígeno . Temperatura del horno =260 ^{o}C (500 ^{o}F).

VELOCIDAD DE INCINERACION 2 = 0

CONCLUSIONES: De acuerdo a las 2 experiencias, (que son representativas de 10 pruebas aproximadamente que se realizaron, es muy importante lo siguiente:

a.- La velocidad de incineración depende del área que cubren los desperdicios.

b.- La cantidad de aire necesaria para la combustión es un parámetro realmente crítico.

c.- Es preferible mantener la combustión con temperaturas bajas, para evitar las explosiones. La temperatura se puede mantener baja con una buena corriente de aire.

d.- Cuando la combustión es buena, los humos son claros.

5.2 CAL IDAD DE DEPURACION.

En las pruebas mencionadas en el 5.1 tambien se observo la factibilidad de aplicar el rocio de agua para lograr la limpieza de los humos.

Las observaciones son las siguientes:

Utilizando un dispositivo totalmente sencillo, cual es un rociador manual, se hizo incidir en la corriente de los gases que se producian durante la incineración , un rocio de agua.

El aspecto de los humos al salir por la puerta del horno daban un color denso , plomo oscuro. Luego de aplicar el rocio la observación es que efectivamente cuando las gotas de agua caen, van arrastrando partículas de materiales que en suspensión, salian arrastradas por los humos.

5.3 ARRASTRE DE CHIMENEA.

En el siguiente capítulo se verá que el promedio de la temperatura real de los gases, tomada en la base de la chimenea es de 436 ^{o}C. Por lo tanto el arrastre medido, es:

$$K \times H = 0.52 \times P \times (1/To - 1/Tg) \times H$$

= 0.52 x 14.6 x (1/544.65 - 1/1277) x 21.9

= 0.6194" de Agua.

En este cálculo tambien se considera el promedio de la temperatura ambiental medida = 84.65 ^{o}F y la altura real de la chimenea , medido desde la altura de las parrillas = 21.9 pies (6.7 m)

VI. EVALUACION.

6.1 HORNO.

Una vez que el incinerador estuvo en capacidad de operar, en los inicios de la operación hubo mucho que aprender para lograr una correcta operación del mismo.

Despues de un mes aproximadamente de operación del incinerador , llegamos a evaluarlo numericamente , estos datos y las conclusiones sirvieron para editar los manuales de Operación y Mantenimiento, asi como recomendaciones para tomar acciones futuras en la construcción de otros dispositivos semejantes.

Procedimiento:

a.- Tener suficientes desperdicios preparados para ser incinerados , los que significa que deben estar empaquetados en fundas de plástico para su manipuleo .

b.- Pesar los paquetes de desperdicios.

c.- El operador debe estar previamente entrenado.

d.- El evaluador debe tener los instrumentos de medida calibrados.

Las lecturas de los pesos de desperdicios incinerados, con sus tiempos de carga y Temperatura en diversas secciones del horno , se observan en la Tabla No. 20 , a continuación. Esta fueron determinadas con un Pirómetro

Technoterm 9301 Type K, con un rango de -20 a 1200 ^{o}C de propiedad de la ESPOL.

Antes de analizar las temperaturas mencionaremos algunas observaciones que se realizaron previo a esta toma de lecturas.

a.- Los paquetes de desperdicios tienen que ser en fundas de pvc o plástico, del menor calibre posible. I en el mejor de los casos deben ser de papel.

b.- El tamaño de las fundas debe también ser el menor posible.

c.- La compuerta de alimentación se calienta hasta tal punto que no se la puede tocar, fue necesario adicionar un mecanismo de palanca y polea para poder manipular efectivamente la compuerta.

d.- Es necesario mantener un porcentage de plástico dentro de los rangos del cálculo , pues de lo contrario las explosiones se presentan , saliendo impulsos de humo y llamas por la compuerta.

Ahora veamos las lecturas de las temperaturas y cargas:

TABLA No.20
EVALUACION DEL INCINERADOR
FECHA: 18 de Marzo de 1986

No.	TIPO DESPERD.	Kg. PESO	HORA	TEMPERATURAS oC TOLVA	LLAMA	GASES	EXT.CHIM	SUP.INCIN.	AMBIENTAL
1	3 b.toallas	5	9:00	25			25	25	25
2	1 b.toallas	5	9:05	72	630	360			
3	1 b.toallas	5	9:09						
4	1 b.toallas	5	9:15						
5	1 b.toallas	5	9:20						
6	1 b.toallas	5	9:26						
7	1 b.toallas	5	9:30	200	940				30
8	1 b.toallas	5	9:34						
9	1 b.toallas	5	9:38			320	90	32	
10	1 b.toallas	5	9:43						
11	1 b.toallas	5	9:48						
12	1 b.toallas	5	9:55						
13	1 b.toallas	5	10:00	250	809	460	130		32
14	1 b.toallas	5	10:08						
15	1 b.toallas	5	10:12		920				
16	1 b.toallas	5	10:15	233		460	170		
17	1 b.toallas	5	10:18				170	38	
18	1 b.toallas	5	10:22						
19	1 b.toallas	5	10:26						
20	1 b.toallas	5	10:30	275	1115		175		
21	1 b.toallas	5	10:33			435	180	41	
22	1 b.toallas	5	10:38		1040				
23	1 b.toallas	5	10:43	280	1050	320	200		30
24	1 b.toallas	5	10:47			660	196		
25	1 b.oficinas	5	10:50			350			
26	1 b.toallas	5	10:52			683			
27	1 b.toallas	5	10:57						
28	1 b.toallas	5	11:01	260	1105	320	190		
29	1 b.toallas	5	11:05		1065			47	
30	1 b.toallas	5	11:10						
31	1 b.ext.toalla	5	11:15		1095	430			
32	1 b.toallas	5	11:18						
33	1 b.toallas	5	11:22						
34	1 b.toallas	5	11:28	246	1030				

T infinito inicial = 25 oC
T infinito final = 33 oC

En resumen:

Total de desperdicios incinerados: 180 Kg. (396 libras).

Tiempo en que se incineró esta cantidad: 2.4 horas.

Temperatura maxima en la tolva: 280 ^{o}C (536 ^{o}F).

Temperatura maxima de la llama: 1115 ^{o}C (2039 ^{o}F).

Mínima temperatura de los gases en la base de la chimenea:

320 ^{o}C (608 ^{o}F).

Máxima temperatura de los gases en la base de la chimenea:

683 ^{o}C (1261.4 ^{o}F).

Conclusiones:

La capacidad del incinerador : 75 Kg/h (165 libras/h).

La habilidad del operador influye mucho en la capacidad del incinerador, pues depende de su control que el aparato sea cargado efectivamente.

La temperatura de la tolva se la tomó en un lugar cercano a interior de la pared, por lo que se puede decir que esta es la temperatura de la superficie interior.

En la lista de temperaturas se observa una variación en los valores de la misma , por lo que se concluye que esta puede ser controlada dependiendo de la rapidez con que se cargue los desperdicios. Es posible que alimentando paquetes de menor masa, estos se incineren mas velozmente y a la vez mantener temperaturas en valores mas bajos.

La eficiencia de la combustión se la observa con el color de los humos.Un humo claro indica una correcta combustión, asi se observó que en los instantes de sobrecarga la eficiencia de la combustión decrece.

La temperatura de los gases en la base de la chimenea se aproxima a la mantenida en los cálculos.

Esposible mantener la operación con un solo operador.

Para mejor control de las temperaturas es necesario la colocasión de aparatos de medida permanentes , tales como pirómetros y manómetros.

6.2 DEPURADOR DE HUMO.

En la siguiente Fig. 21 observaremos las temperaturas obtenidas en diversos puntos del depurador.

Previamente se determinó que la presión con que se suministra el agua para el rocio es de 7 p.s.i.g.
a travez de una tuberia de 3/4".

Las temperaturas de Sup. Ext 1 son a la entrada del Depurador y las temperaturas de Sup. Ext 2 son a la salida del mismo.

Como ya se mensionó, los humos salen de color marrón oscuro en instantes en que se hace la carga de los desperdicios. Esto es una apreciación cualitativa de la combustión y de la depuración.

La depuración también se la puede cualificar observando la calidad del agua en el drene del mismo. Las observaciones fueron satisfactorias pues el agua presenta un color negrusco cuando sale en el drene.

De todas maneras es deseable obtener mejor calidad de depuración observable segun el color de los humos. Es por esto que se recomienda:

a.- Cambiar los difusores del agua.

b.- Los difusores recomendados son del Tipo 1/4 BX 316 s/s "Whirljet". Se recomienda uno o dos juegos de 3 difusores segun la figura No. 20.

TABLA No.21
EVALUACION DEL DEPURADOR DE HUMOS
FECHA: 18 de Marzo de 1986

No.	TIPO.DESPERD.	Kg. PESO	HORA	TEMPERATURAS oC SUP.EXT 1	SUP.EXT 2	GASES	AGUA DRENE	AMB.	COLOR DEL HUM
1	3 b.toallas	5	9:00	25	25		25	25	
2	1 b.toallas	5	9:05	112	81	360	60		TRANSPARENTE
3	1 b.toallas	5	9:09						
4	1 b.toallas	5	9:15						
5	1 b.toallas	5	9:20						
6	1 b.toallas	5	9:26						
7	1 b.toallas	5	9:30	109	102		36	30	TRANSPARENTE
8	1 b.toallas	5	9:34						
9	1 b.toallas	5	9:38			320			
10	1 b.toallas	5	9:43						
11	1 b.toallas	5	9:48						
12	1 b.toallas	5	9:55						
13	1 b.toallas	5	10:00	110	104	460	35	32	MARRON CLARO
14	1 b.toallas	5	10:08						
15	2 b.oficinas	5	10:12						MARRON CLARO
16	1 b.toallas	5	10:15	230	180	460			
17	1 b.toallas	5	10:18		180				
18	1 b.toallas	5	10:22						
19	1 b.toallas	5	10:26						
20	1 b.toallas	5	10.30		175				
21	1 b.toallas	5	10:33	230	175	435	45		
22	1 b.toallas	5	10:38						
23	1 b.toallas	5	10:43		250	320		30	
24	1 b.toallas	5	10:47	275	170	660	39		
25	1 b.oficinas	5	10:50			350			
26	1 b.toallas	5	10:52			683			
27	1 b.toallas	5	10:57						MARRON CLARO
28	1 b.toallas	5	11:01	245	176	320	37		
29	1 b.toallas	5	11.05						
30	1 b.toallas	5	11:10						
31	1 b.ext.toalla	5	11:15			430			
32	1 b.toallas	5	11:18						
33	1 b.toallas	5	11:22						
34	1 b.toallas	5	11:28						

SUP. EXT 1 : Superficie exterior a la entrada del depurador
SUP. EXT 2 : Superficie exterior después del depurador

c.- Segun la casa comercial, estos difusores tienen las siguientes caracteristicas: ángulo de covertura: 63 ^{o} ; Capacidad a 7 p.s.i.g.: 0.71 galones/min ; construidos de 2 piezas acero inoxidable sin deflectores internos y con tapa intercambiable.

d.- Cuando se haga esta mejora se recomienda ademas hacer la inspección visual ; primero con uno , luego con dos y finalmente con tres difusores.

e.- Si fuese necesario mejorar aun mas el diseño, seria necesario controlar la presion de suministro del agua mediante la colocación de una bomba calculada para el efecto.

6.3 CONSUMO DE ENERGIA.

Para la evaluación de esta parte solo basta con saber el consumo de electricidad , ya que en cuanto al diesel,el consumo es despreciable totalmente.

Las lecturas promedios del consumo eléctrico son:

Intensidad de corriente: 8. Amp y Voltaje: 110 Volts.

Esto fue promediado en una corrida de 16 horas, por lo tanto la potencia consumida es:

Pot.= 8 x 110 x Cos O

= 8 x 110 x 0.8

= 704 Watts.

Energía = 704 x 16 Watts - Hora.

= 11.26 KWh.

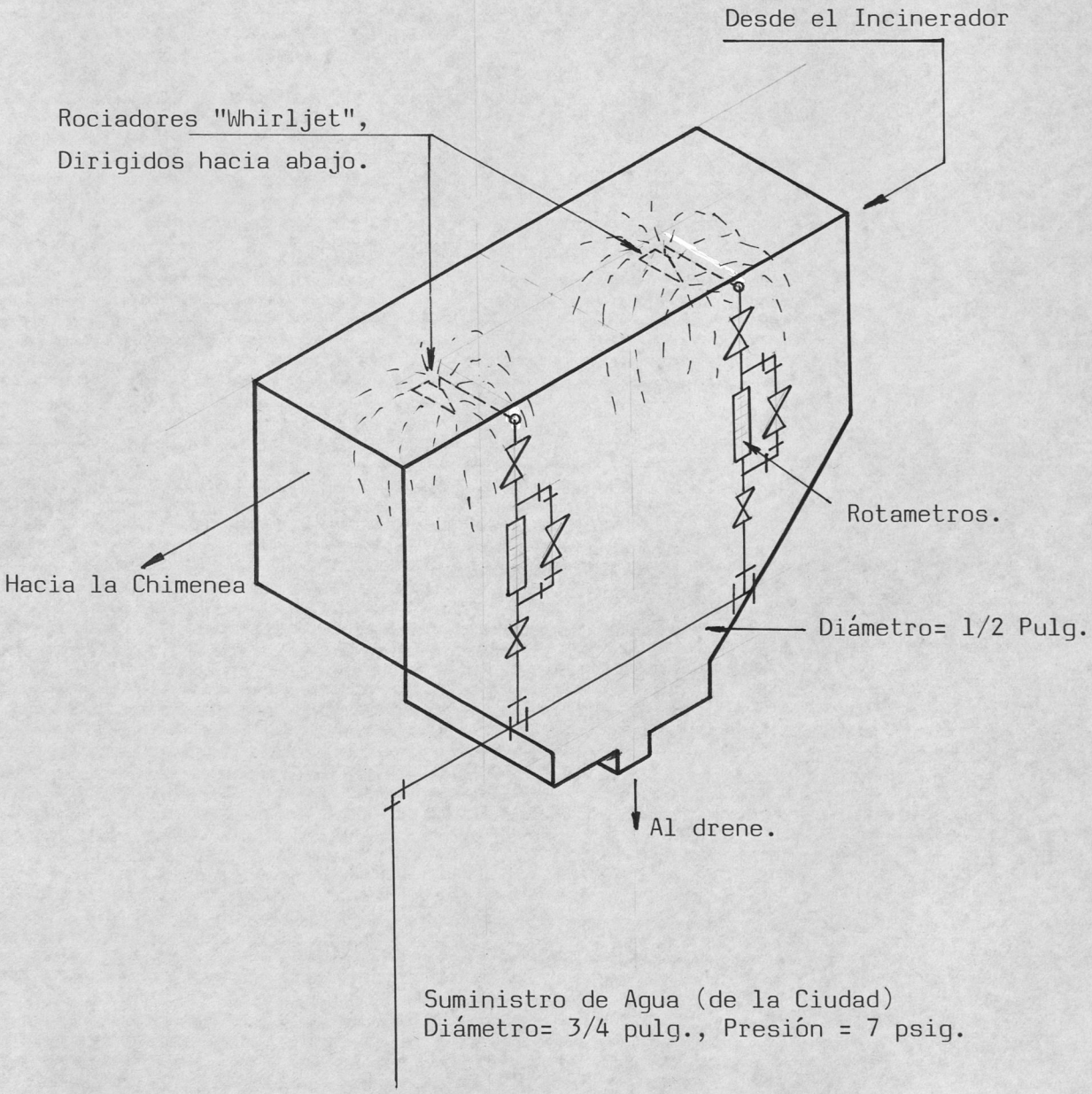


Fig. No. 20: Instalación Recomendada del Depurador.

VII.ARRANQUE INICIAL Y MANTENIMIENTO.

7.1 GUIA DE ARRANQUE INICIAL.

Los pasos que se transcriben son los que necesariamente hubo que seguir la primera vez que se operó el incinerador.

a.- Antes de cargar el incinerador:

Observe que todos los sistemas y mecanismos esten debidamente ajustados.

Certifique a posicion de las parrillas.

Certifique el flujo de agua para el depurador.

Certifique el funcionamiento del quemador y del ventilador.

Calibre la llama del quemador.

Certifique la manipulación de la compuerta de alimentación.

El personal con que se cuente debe estar debidamente entrenado y estar conciente que la labor es de cuidado.

Hay que contar con herramientas adecuadas para este trabajo , como guantes, máscara de fuego, extinguidor , y pala.

b.- Cuando cargue el incinerador:

La primera carga es la mas sencilla, hay que introducir desperdicios ,tal que cubran toda el area de las parrillas. Se cargara tan solo hasta cubrir el volumen de la camara de combustión , segun el cálculo: 0.32 m^3.

Poner en posicion "on" el interruptor de encendido del ventilador.

Después de unos 60 segundos, poner en posicion "on"
el interruptor de encendido del quemador . Se encenderá la llama.

Observe el inicio de la incineracion a trasvez de la mirilla colocada a un lado de la compuerta de admisión. Una vez que la incineración a comenzado, ponga en posicion "off" el switch del quemador. La llama del quemador se apagará y solo los ventiladores continuarán funcionando.

Calibre la combustión con la compuerta de entrada del aire que hay en el ventilador.

Observe la calidad de la combustión, prácticamente esto lo califica observando el color de los humos. Si son demasiado oscuros, hay deficiencia de aire.

Mantenga la incineración con cargas regulares de un paquete de 5 Kg cada 12 minutos aproximadamente, la experiencia le indicará cuando Ud. debe aumentar la carga.

Una vez este establecida la combustión, habra las valvulas del agua en el depurador.

La observación indica que el lavador funciona cuando es evidente que el agua arrastra particulas de material en ella, observable en el drene del mismo.

En esta seccion es importante mantener la superficie del lavador con temperaturas apropiadas, en el orden de 473 ^{o}F. Esto se logra manteniendo el flujo del agua.

La temperatura del agua en el drene del depurador es de 194 ^{o}F.

7.2 GUIA DE OPERACION.

a.- Recomendaciones generales:

- Solo personal debidamente entrenado puede hacer uso del incinerador
- El personal debe vestir prendas de protección adecuadas para este tipo de trabajo.
- El personal debe estar conciente de las normas de seguridad.
- No intente quemar otros materiales que no sean restos de toallas sanitarias, cartones, papeles y restos de pañales descartables.
- Se debe planificar una incineracion semanal, uno o dos turnos continuados.
- Un solo operador es necesario para operar este equipo.
- No se puede introducir restos metálicos, compuestas de plásticos o pvc en porcentajes mayores que 13.76 %.
- El material a incinerarse debe ser presentado en paquetes que sean faciles de manipular y que puedan ingresar fácilmente por la compuerta de alimentación. Para el efecto se dispondrán fundas de 1.1 micras de espesor de 25" x 47", de polietileno en caso de no existir de papel.
- Las fundas de desperdicios son almacenadas en el area destinada para el efecto y que se encuentra adyacente al incinerador.

b.- Labores de operación

- Previo al encendido, inspeccionar ocularmente la cámara de combustión, tanto interna como externamente, asegurándose que no

hayan sustancias o cuerpos extraños en su interior o exterior, que pudieran obstaculizar la operación.

- Limpie la cámara de recolección de cenizas de los restos de la anterior incineración.
- Introducir la primera carga de desperdicios.
- Poner en "on" el interruptor del ventilador por aproximadamente un minuto, esto hace el barrido de cualquier gas residual del interior del incinerador.
- Poner en "on" el interruptor del quemador hasta que se inicie la incineración, esto demora unos 15 seg.
- Poner en "off" el interruptor del quemador, la llama de este se apagará, quedando la incineración mantenida por los ventiladores.
- Abrir la valvula de alimentación del agua para el depurador.
- Alimentar regularmente la carga de desperdicios , con un rango de 10 lbs cada 4 minutos aproximadamente .
- Observar la buena regulación del aire inyectado , mediante la observación del color de la llama y de los gases de escape. También hay que certificar la salida de las aguas de drene en el depurador.
- Cuando termine la incineración , debe dejarse los ventiladores funcionando por una hora por lo menos para lograr un mejor enfriamiento de las paredes del horno.
- Apague los ventiladores.

c.- Normas de seguridad para cada operación.

- Use la ropa de seguridad.
- Revise el buen estado del extinguidor y de la ducha de emergencia.

- Revise el buén estado de sus herramientas.
- Mantenga libre las vias de acceso al area de incineración.

d.- Lista de herramientas del operador.

- Una palanca metálica , de tres metros de largo , con una pala pequeña en su punta.
- Una carretilla para transporte de cenizas.
- Una Pala.
- Escoba de limpieza.
- Llave de graduación de 6" (Francesa).

e.- Equipo de seguridad.

- Una máscara contra fuego.
- Un par de guantes.
- Dos extinguidores de agua.
- Una escafandra.
- Una ducha de emergencia en el area de incineración y otra en el area de almacenaje.

7.3 GUIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y REPARACIONES.

a.- Procedimiento diario.

- Chequee la limpieza externa del equipo.
- Haga una inspección visual del estado de los refractarios.
- Manipule las válvulas para observar su libre funcionamiento.
- Chequee el nivel del diesel.

- Chequee el estado de la salida del drene del depurador.

b.- Procedimiento Mensual.

- Haga funcionar el quemador y calibre la llama.
- Haga funcionar el ventilador e inspeccione el estado de los cojinetes.
- Inspeccione el estado de los refractarios.

c.- Procedimiento semestral.

- Mediante la compuerta en la base de la chimenea , inspeccione el estado de la misma.
- Inspeccione ocularmente el estado de las paredes internas del depurador y ordene su reposición si fuera necesario.

d.- Procedimiento anual.

- Desmantele el quemador y ventilador segun inspección visual de su estado.
- Reemplaze refractarios que esten trizados o tostados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a.- ASPECTOS GENERALES.

Hacer realidad un proyecto , es una gran experiencia ; en la cual todo estudiante o profesional que tenga la oportunidad de intervenir o participar, obligadamente debe de aprovechar al maximo de poner en práctica sus conocimientos, sus investigaciones y conclusiones indudablemente van en beneficio de la obra, del intelecto y de la colectividad en donde nos desenvolvemos.

b.- FUENTES DE INFORMACION.

Los parámetros básicos fueron determinados experimentalmente, no asi los coeficientes de mayor profundidad de conocimiento, tales como, los coeficientes de transferencia de calor, la densidad de los gases a alta temperatura, los calores especificos, etc. De tal manera que esta tesis es eminentemente teorico - practica, de aqui la importancia de la misma.

c.- PLANIFICACION.

La obra fue terminada en un tiempo 20 % mas de lo pronosticado. Quienes tengan experiencia en dirigir obras, saben que en la mayoria de los casos aparecen factores que son imposibles preveerlos en la planificasión, por ejemplo: Paros laborales, problemas de financiacion, enfermedades, fallas en el comercio que atrazan la entrega de materiales, etc. Esto hace aun mas importante el hecho que una obra tiene que ser planificada lo mas cuidadosamente posible, el ingeniero encargado de la obra tiene la responsabilidad de preveer al maximo los factores impredictibles, la

planificación a travez del PERT permite definir el mayor numero de actividades e indudablemente es la mejor arma con la que un ingeniero debe trabajar para hacer sus cálculos previsivos.

d.- TECNICOS.

La validacion de la temperaturas reales nos indican en este caso cuan cerca estuvimos de la realidad , la validacion nos indica que si el incinerador es apropiadamente manipulado, los valores reales de temperatura y otros parámetros se cumplen segun lo calculado. De aqui que es de suma importancia que las personas encargadas de manejar el dispositivo tengan el suficiente entrenamiento para que tengan conociento real de la operación y responsabilidad que tienen en sus manos.

e.- RENDIMIENTO.

Segun la validación la capacidad está en una eficiencia = (75/80) x 100 = 94 %.

Se observó que este valor depende mucho de la habilidad y experiencia de quien maneje el aparato , en algunas ocasiones que no fueron registradas en los formatos se alcanzo a rendimientos hasta de 120 %

f.- VIDA UTIL DEL EQUIPO.

El equipo no debe dar problemas si es bien cuidado, de aqui la importancia de observar las manuales de operación y mantenimiento.

Solo con la observación del funcionamiento a travez del tiempo sera posible cuantificar , por metodos estadísticos la vida util de este incinerador.

g.- RECOMENDACIONES.

La previsión experimental en el laboratorio debe ser una costumbre de quienes tienen en sus manos la realizacion de investigaciones cientificas.

Para los profesionales que contruyan otros incineradores, deben tender al automatismo en el control de la carga de desperdicios y la inyeccion del aire. Tambien podria ser necesario controlar la llama del quemador; todo esto es posible aplicando controles que existen en el mercado pero que indudablemente harán el proyecto mas caro, pero obtendremos una confiabilidad y eficiencias mayores.

A los estudiantes, traten siempre de poner en la práctica,los conocimientos teóricos, al hacerlo estan afianzando su grado de profesionalismo , y los resultados siempre seran satisfactorios; además que están desarrollando la mas alta tecnologia tan necesitada en nuestro medio .

APENDICES

APENDICE 1:

ANALISIS DE LA CANTIDAD DE DESPERDICIOS EN JOHNSON AND JOHNSON

APENDICE 2 :

ANALISIS DEL PODER CALORIFICO DE LA CELULOSA, POR LA ESPOL

Johnson & Johnson Chemiferica S.A.

P. O. BOX 7206 — Cable: AQUEOUS

GUAYAQUIL ECUADOR

Mayo 27, 1981

DE: Ismael Astaiza
PARA: Richard Páez

ASUNTO: Análisis del desperdicio en fabricación de toallas y pañales

	PRODUCTO	FABRICADO	DESPERDICIO	PESO POR BULTO	% RENDIMIEN
*	MODESS	157 Bts.	59 kg	7,15 kg	95.0
*	SERENA	855 "	172 kg	6,26 kg	96.9
*	SERENA ADH.	2138 "	696 kg	5,472 kg	94.4
*	STAYFREE	4035 Cjs.	608 kg	8,989 kg	98.4
*	DIURNO	1674 Cjs.	423 kg	9,432 kg	97.4
*	NOCTURNO	1891 Cjs.	684 kg	10,330 kg	96.6
*	GRANDE	3009 Cjs	790 kg	8,712 kg	97.1
⊙	R. NACIDO	3797 Cjs.	1183 kg	8,266 kg	96.4

4615

FUENTE: * Producción Mayo/81
⊙ Producción Abril/81

Luis Salazar

MADERAS		PODER CALORIFICO
MUESTRA	PROCEDENCIA	B.T.U./lb
JIGUA	Atahualpa	7.200
BELLA MARIA	Pasaje (El Oro)	7.383
CHALVIANDA	Esmeraldas	7.295
CANDELO LIVIANO	Bucay	6.771
FIGUEROA	Jipijapa	7.055
GUAYACAN	Balzar	7.060
VANTANO	Portoviejo	7.565
CUANGARE	Esmeraldas	7.438
COPAL	Nobol	7.173
TILLO	Machala (El Oro)	7.524
BALSAMO	Atahualpa	7.429
COLORADO	Guayaquil	7.308

* No confirmada por falta de muestra

Ing. Francisco Torres A.

Vto.Bno. Ing. Mariano Montaño A.
DIRECTOR
INSTITUTO DE QUIMICA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL 1969 GUAYAQUIL

INSTITUTO DE QUIMICA

Abril 22 de 1985

QUIM-075

Ing. Marco Pazmiño,
Jefe del Laboratorio de Energía Solar
Facultad de Ing. Mecánica
En su despacho

De mis consideraciones:

Adjunto a la presente encontrará los resultados de las muestras de madera, enviada por usted para ser analizadas por el Instituto de mi dirección.

Atentamente,

Ing. Mariano Montaño A
DIRECTOR DEL INSTITUTO
DE QUIMICA DE LA ESPOL

f.s

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

INSTITUTO DE QUIMICA

LABORATORIO DE HIDROCARBUROS

MADERAS		PODER CALORIFICO
MUESTRA	PROCEDENCIA	B.T.U/lb
AGLOMERADO Nº 6	Guayaquil	7.600
GUAYACAN Nº 5	Atacames	8.712
MANGLILLO Nº 4	Bucay	7.679
LAUREL Nº 3	Jipijapa	7.693
JIGUA Nº 2	Atahualpa	7.474
BALSAMO Nº 1	--	7.711

Ing. Francisco Torres A.

Vto.Bno.Ing. Mariano Montaño A.
DIRECTOR
INSTITUTO DE QUIMICA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
1963
GUAYAQUIL

INSTITUTO DE QUIMICA

APENDICE 3 :

ANALISIS DE LA TEMPERATURA DE COMBUSTION , ASPECTO DE CENIZAS Y HUMOS

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

ANALISIS DE LAS TEMPERATURAS DE COMBUSTION, ASPECTOS DE CENIZAS Y HUMOS EN LA INCINERACION DE LOS DESPERDICIOS INDUSTRIALES DE LA FABRICA - JOHNSON & JOHNSON DEL ECUADOR S.A.

FECHA : AGOSTO 8 DE 1985

LUGAR : LABORATORIO DE TRASFERENCIA DE CALOR

REALIZADO POR : JUAN CHALEN PONCE

DIRIGIDO POR : ING. MARCO PAZMIÑO B.

TEORIA

PUNTO DE INFLAMACION

Se llama a la temperatura a la cual el combustible emite vapores capaces de hacer explosión al acercarle una llama.

PUNTO DE COMBUSTION

Se llama a la temperatura a la cual el combustible se enciende en toda su superficie y se quema.

ANALISIS EXPERIMENTAL

Al hacer la prueba se empleó un horno THERMOLYNE (SYBRON CORPORATION) TYPE 1500 FURNACE, volumen de la cámara 4.25"x4"x9", temperatura máxima = 2500 ^{o}F , controlada por una resistencia eléctrica variable.

ANALISIS EXPERIMENTAL

MUESTRA	TEMP.DE COMBUSTION	ASPECTO DE LOS HUMOS	ASPECTO DE LAS CENIZAS	OBSERVACIONES
SHAMPOO				No se quema,solo hierve hasta evaporarse casi su totalidad,cuando se está a 900 ^{o}F los residuos se inflaman.
ACEITE MINERAL	650 ^{o}F	Densos,color negro	Ninguna	Combustión viva.
KEY BAK	850 ^{o}F	Densos,plomo negro	Color plomo claro	A menor temperatura splo se funde
PAPEL RELEASE	700 ^{o}F	Claros	Color negro	
PAPEL TISSUTE	630	Densos,color plomo claro	Plomo	
GOMA	700	Claro	Pastosos no pegajoso	
PULPA DE MADERA	630	Claros	Voluminosos,blanca, o negra sino combustiona 100%	
TAPE	680	Negros,no densos	Plomos	
POLYETILENOS AZUL Y BLANCO DE FUNDAS DE EMPAQUE	780	Humos negros,no densos con partículas negras	No quedan	Se funden rapidamente y hierben en forma de líquido amarillento,a mps 780 se inflaman

MUESTRA	TEMP.DE COMBUSTION	ASPECTO DE LOS HUMOS	ASPECTO DE LAS CENIZAS	OBSERVACIONES
RAYON	900 ^{o}F	Negro, no denso con partículas	Negros, residuos calcinados no pegajosos	Antes de inflamarse se tuestan con mucho humo blanco.
ELASTICO	850	Claros	Blancos	Combustion total.
RESTOS DE CAREFREE	680	Marrón,claro	Blancas no pegajosas	Las cenizas no son pegajosas.
CARTON	550	Claros	Negros	

b) ANALISIS CON MEZCLAS

MUESTRAS	COMPOSICION		OBSERVACIONES
1 PAÑAL MEDIANO :	Pulpa seca	67.16 %	Temp.Comb.=630 °F,primero se funde el polietileno y el masslin, en forma de líquido caen a la probeta, luego la combustión es total. Las cenizas son voluminosas de color negro - Tmax.= 1000 °F (en el horno)
	Polietileno	10.07	
	Masslin	7.84	
	Perfume	00.40	
	Hotmelt	3.25	
	Agua	7.84	
	Tape	1.86	
	Elástico	1.32	
	Adhesivo/Elástico	0.63	
1 PAÑAL MEDIANO :			Se probó con el horno a 560 °F , no se combustionó, pero se calcinó dejando restos de color blanco, sin residuos pastosos .
1 PAÑAL MEDIANO :			Introduciéndolo al horno, a una temperatura de 800 °F , se observó la fusión del polietileno y masslin y luego una combustión total. Tmax.=1000 °F
1 PAÑAL MEDIANO :			Se probó con el horno a 900 °F ; primero se - funde la tela y el polyetileno originando un fluído de color amarillo, la combustión es rápida .Tmax.=1150 °F . Los humos son plomos, - densos, con partículas en las cenizas presentó restos que parecen de goma, asentados en la - probeta y los restos se despegaron facilmente cuando se enfriaron .

MUESTRAS	COMPOSICION		OBSERVACIONES
1 TOALLA STAY FREE :	Pulpa seca	80.22 %	Temp.Comb.=620 °F , combustión total, humos de color marrón con olor irritante, quedan restos amarillos en la probeta, que cuando-se enfrían se tornan blancas.Tmax.=1000 °F.
	Polietileno	3.17	
	Key Bak	8.73	
	A.fuller G 1562	1.33	
	Papel Siliconado	3.82	
	A.fuller 3322	0.73	
1 TOALLA SERENA NORMAL :	Pulpa Seca	71.72 %	Temp.Comb.=620 °F, combustión total, cenizas livianas color plomas sin pegamentos ni líquidos.Tmax.1000 °F.
	Polietileno	13.53	
	Key Bak	11.00	
	A.fuller G 1562	3.75	
MUESTRA CARACTERISTICA DE DESPERDICIOS. :	Pulpa seca	71.30 %	La muestra característica se obtuvo con la mescla de 3 tollas sanitarias, 2 pañales,-desperdicios de Carefree, fundas de empaque papeles y cartón . A T=500 °F, no hay combustión viva, pero se calcina con presencia de humos amarillentos A 540 °F, esta temperatura corresponde al - punto de inlamación, combustión total con - presencia de humos color marrón, las cenizas son blancas con rasgos amarillentos . A 600 °F, corresponde a la temperatura de - combustión total . A 750 °F, hay combustión total, con inflamación, hubo la necesidad de abrir la puerta del horno para permitir un mejor proceso de combustión.
	Polietileno	13.76	
	Key Bak	2.03	
	A.fuller G 1562	0.04	
	Papel Siliconado	0.06	
	Hot Melt 6680	0.03	
	A.fuller 3322	0.01	
	Masslin	4.89	
	Perfume	0.02	
	Hot Melt 694-335	1.90	
	Agua	4.55	
	Cinta Adhesiva	1.28	
	Elástico	0.09	
	Adhesivo/Elástico	0.04	

HUMOS

Se trató de probar la factibilidad de limpiar los humos, para lo cual se hizo incidir agua en forma de spray en dirección contraria al flujo de los humos.

Efectivamente, se observó el arrastre de las partículas de agua sobre las partículas de los humos, aunque no se llegó a cuantificar la efectividad de éste proceso.

CONCLUSIONES

a) Shampoo.- Es un material no combustible formado por sustancias que se evaporan hasta dejar un solo componente que se inflama a los 900 ^{o}F

b) Aceite Mineral.- Es un mineral perfectamente combustible por encima de los 650 ^{o}F .

c) Los residuos de la fabricación de la Industria Johnson & Johnson S.A. (Excepto los del área farmacéutica) , están conformados por un - 71.30 % de pulpa celulosa (derivados de la madera) y por un 13.76% de polietileno, siendo éstos; los principales componentes.

d) Los residuos son calificados como combustibles, y su temperatura promedio de autocombustión es de 700 ^{o}F .

e) Se prevee que aplicando un spray de agua se conseguirá una limpieza satisfactoria de los humos, pero se observó que en los casos de - combustión viva los humos tienden a ser claros .

APENDICE 4 :

PROGRAMA DE COMPUTACION, PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE INTERIOR DE LAS PAREDES , Ts

```
¿RUN

 1  PRE 1
 2  LIST
 3  PRINT "PROGRAMA QUE CALCULA TS"
 4  PRINT "ASUMA UN VALOR INICIAL DE TS"
 5  INPUT B
 8 T = B
 20  PRINT "LA T ASUMIDA ES =",T
 40 Z = T - 90
 50  PRINT "DELTA T=",Z
 60 HT = ((7.87 - 7.7) / (800 - 780)) * (Z - 780) + 7.7
 70  PRINT "HT=",HT
 80 TS1 = 2000 - (224839.44 / HT / 125.4108)
 90  PRINT "TS1=",TS1
 100  IF TS1 = T THEN  GOTO 130
 102  LET T = TS1
 120  GOTO 40
 130  PRINT "ESTE ULTIMO VALOR ES EL DEFINITIVO DE TS1"
 140  END
PROGRAMA QUE CALCULA TS
ASUMA UN VALOR INICIAL DE TS
?1000
LA T ASUMIDA ES =                1000
DELTA T=              910
HT=                 8.805
TS1=                 1796.38574
DELTA T=                  1706.38574
HT=                 15.5742788
TS1=                 1884.88561
DELTA T=                  1794.88561
HT=                 16.3265277
TS1=                 1890.18954
DELTA T=                  1800.18954
HT=                 16.3716111
TS1=                 1890.49193
DELTA T=                  1800.49193
HT=                 16.3741814
TS1=                 1890.50912
DELTA T=                  1800.50912
HT=                 16.3743275
TS1=                 1890.51009
DELTA T=                  1800.51009
HT=                 16.3743358
TS1=                 1890.51015
DELTA T=                  1800.51015
HT=                 16.3743363
TS1=                 1890.51015
DELTA T=                  1800.51015
HT=                 16.3743363
TS1=                 1890.51015
ESTE ULTIMO VALOR ES EL DEFINITIVO DE TS1
```

APENDICE 5 :

PROGRAMA DE COMPUTACION PARA DETERMINAR Tb ,C2 y T1.

```
¿RUN

 10  LIST
 20  PRINT
 30  PRINT
 40  PRINT
 50  PRINT "PROGRAMA PARA CALCULAR T1,TB yC2."
 60  PRINT
 70  PRINT
 80  PRINT "ASUMA UN VALOR INICIAL PARA T1"
 90  INPUT T1
 100  PRINT
 110  PRINT "RESULTADOS
 120 TB = (T1 + 1890.51) / 2
 130  PRINT "TB=",TB
 140 C2 = 6.6 + (12.4 - 6.) * (TB - 200) / (2300 - 200)
 150  PRINT "C2",C2
 160 TX1 = 1890.51 - 1768.34 * 4.33 / C2
 170  PRINT "T1 CALCULADO=",TX1
 180  IF TX1 = T1 THEN  GOTO 240
 190  LET T1 = TX1
 200  PRINT
 210  PRINT "NUEVO T1=",T1
 220  GOTO 120
 230  PRINT
 240  PRINT "ESTE ES EL VALOR DEFINITIVO DE T1 EN oF"
 250 C = (T1 - 32) * 5 / 9
 260  PRINT "EN oC, T1=",C
 270  END


PROGRAMA PARA CALCULAR T1,TB yC2.


ASUMA UN VALOR INICIAL PARA T1
?900

RESULTADOS
TB=               1395.255
C2               10.2426819
T1 CALCULADO=              1142.96045

NUEVO T1=             1142.96045
TB=               1516.73523
C2               10.6129074
T1 CALCULADO=              1169.03831

NUEVO T1=             1169.03831
TB=               1529.77416
C2               10.6526451
T1 CALCULADO=              1171.72963
```

```
NUEVO T1=              1171.72963
TB=                   1531.11981
C2                   10.6567461
T1 CALCULADO=                  1172.00623

NUEVO T1=              1172.00623
TB=                   1531.25812
C2                   10.6571676
T1 CALCULADO=                  1172.03465

NUEVO T1=              1172.03465
TB=                   1531.27233
C2                   10.6572109
T1 CALCULADO=                  1172.03757

NUEVO T1=              1172.03757
TB=                   1531.27379
C2                   10.6572153
T1 CALCULADO=                  1172.03787

NUEVO T1=              1172.03787
TB=                   1531.27394
C2                   10.6572158
T1 CALCULADO=                  1172.0379

NUEVO T1=              1172.0379
TB=                   1531.27395
C2                   10.6572159
T1 CALCULADO=                  1172.0379

NUEVO T1=              1172.0379
TB=                   1531.27395
C2                   10.6572159
T1 CALCULADO=                  1172.0379
ESTE ES EL VALOR DEFINITIVO DE T1 EN oF
EN oC, T1=                    633.354392
```

APENDICE 6 :

ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO

ASESORIA Y ESTUDIOS TECNICOS
TULCAN 1102 - TEL. 367603 - 364385
BOYACA 711 - TEL. 301138 - GUAYAQUIL

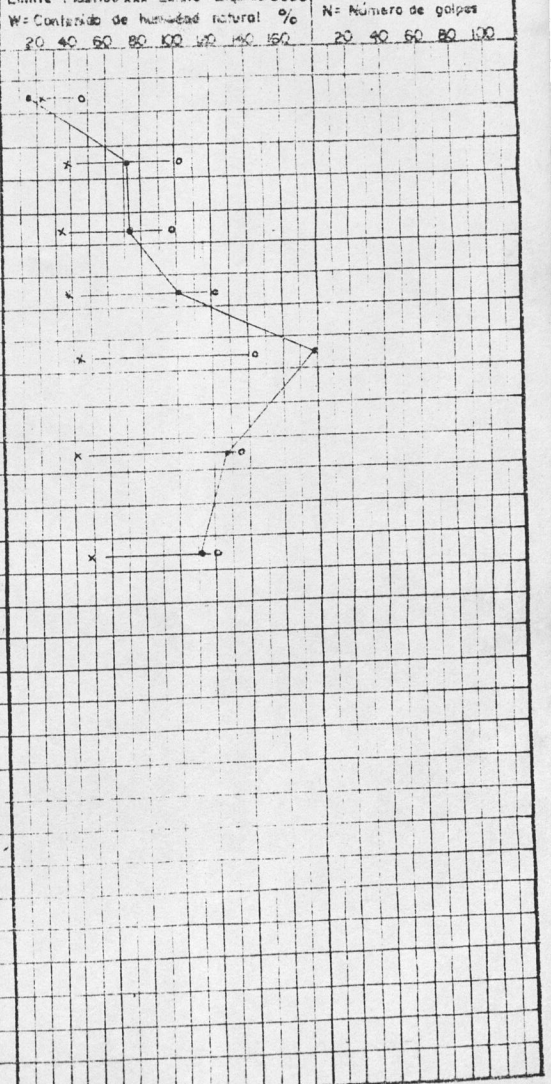
PERFORACIONES Y ANALISIS DE SUELOS

Relleno
Grava
Arena
Limo
Arcilla

NOMENCLATURA
NAF= Nivel de agua freatica
W = Humedad natural
LL = Limite liquido
LP = Indice plastico
δ = peso unitario
Q_u = resistencia a la compresion simple
ε = deformacion unitaria
N = numero de golpes (spt)

OBRA: NUEVO TANQUE DE RESERVORIO DE 600 M3
Localizacion: LABORATORIOS JOHNSON & JOHNSON
Perforacion: # 1
Ordenado por: ING. JUAN CHALEN
Revisado por: ING. JAIME PESANTES P.
Aprobado por:
Fecha: Abril 26 de 1984 Hoja Nº 1 de 2

PROF. (m)	MUESTRA	NAF.	ESTRATIGRAFIA	CLASIF.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	W (%)	L.L (%)	I.P (%)	% pasa tamiz n. 4	% pasa tamiz n. 200	δ kg/m³	q_u kg/cm²	ε (%)	N
1	1			GC	Relleno mezcla de grava y arena con poca arcilla compacidad relativa densa.	15.13	48.30	26.70	49.08	18.04				35/12"
2	2			CH	Arcilla amarilla verdosa de consistencia blanda.	71.44	101.10	61.86	100	99.90	1516	0.29	2.10	
3	3			CH	Arcilla amarilla verdosa con pintas de óxido consistencia medianamente compacta.	74.37	98.80	66.18	100	99.61	1556	0.53	1.40	
4	4			CH	Arcilla gris verdosa con pintas de materia orgánica consistencia medianamente compacta.	101.53	120.70	82.18	100	99.80	1422	0.60	1.75	
5	5			CH	Arcilla gris verdosa con materia orgánica, consistencia muy blanda.	173.01	141.70	97.23	100	92.15	1291	0.16	5.25	
6	6			CH	Arcilla gris verdosa con materia orgánica, consistencia muy blanda.	127.96	135.00	93.64	100	99.61	1340	0.19	3.15	
7														
8	7			CH	Arcilla gris verdosa con materia orgánica consistencia muy blanda.	112.41	120.50	72.55	100	99.58	1363	0.18	4.90	
9														
10														



APENDICE 7 :

TECNICA DE MONTAJE DE REFRACTARIOS

MODO DE EMPLEO DE REFRACTARIOS.(Tomado de Catálogo de Productos de Empresa de Refractarios Colombianos S. A.)

Todos los morteros de fraguado térmico se preparan de la misma manera , mezclando con agua los ingredientes suministrados en polvo. Para obtener el mejor resultado, deben seguirse las siguientes instrucciones:

1.- En un recipiente adecuado se hecha el agua ded preparacion necesaria y sobre ella se dosificará el mortero paulatinamente, agitando hasta obtener una pasta de consistencia uniforme, suave y sin grumos.

2.- Cuando el mortero vaya a ser aplicado directamente a los ladrillos con palustre o llana, la consistencia necesaria se obtendra con una proporcion de 8 a 10 litros (2 a 2.5 galones) de agua por saco de 25 Kg.

3.- Si se quiere utilizar el sistema de inmersion de los ladrillos en el mortero, este debera tener una cosistencia fluida que facilite la operacion. Una proporcion de 15 a 17 litros de agua (4 a 4.5 galones) por saco sera suficiente en la mayoria de los casos.

4.- El calentamiento debe iniciarse cuando el mortero este seco y a una rata lenta no mayor de 100 ^{o}C por hora hasta la temperatura de trabajo.

En la contrucción de manposterias las siguientes informaciones son de utilidad.

1.- Las juntas horizontales y verticales entre los ladrillos deberan ser mínimas y en ningun caso exceder de dos milímetros.

2.- La cantidad de mortero necesario para colocar 1000 ladrillos de 9 x 4 , 0.5 x 2.5 pulgadas es aproximadamente de 200 Kg. si se aplica con palustre y 150 Kg. por el sistema de inmersión.

Los morteros de fraguado térmico conservan sus propiedades por tiempo indefinido, aun despues de haber sido preparados. Para usarlos posteriormente, bastara agregar agua hasta obtener de nuevo la consistencia deseada.

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST, Industrial Ventilation, 14th. EDITION.

2. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, Handbook of Fundamental.

3. BENITO GIL F. Fuel Oil: almacenamiento , combustión y contaminación atmosférica.

4. FAIRES. Termodinámica.

5. GARRIDO, MARTINEZ Y ACOSTA, Eliminación de los Residuos Solidos Urbanos.

6. KREITH FRANK, Principios de Transferencia de Calor.

7. LASCANO RAUL, Copiados de Análisis de Plantas. ESPOL.

8. MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico.

9. MORROW, Manual del Mantenimiento Industrial.

10. SANCHEZ RODRIGUEZ M., Técnicas del Pert.

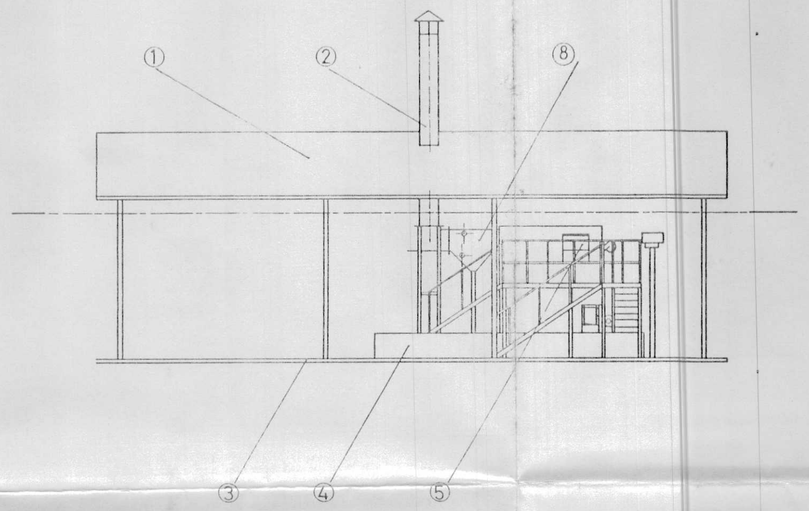
11. VARGAS ZUÑIGA A., Calderas Industriales y Marinas.

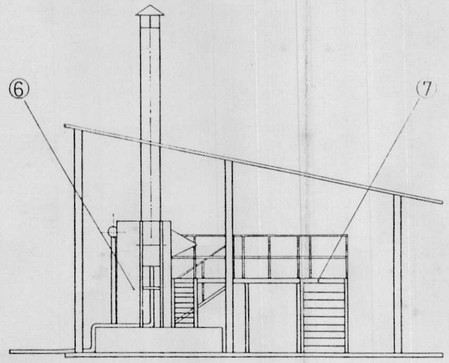
12. VIDAL, Quimica Orgánica.

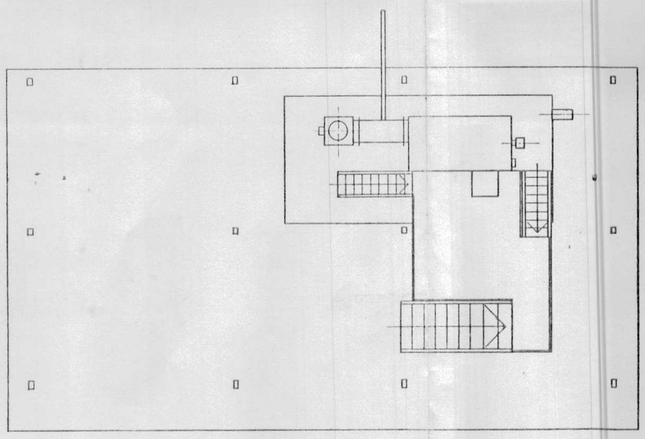
13. VIDAL, Quimica Inorgánica.

14. ZERBAN AND NYE, Power Plants.

15. (N), Industrial Furnaces. Vol 1, 4th Edition.

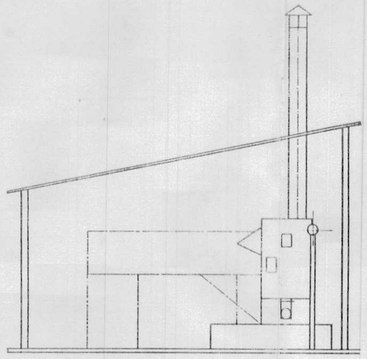


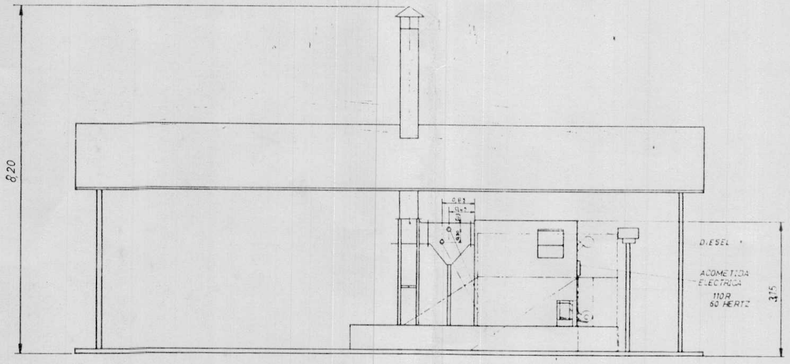


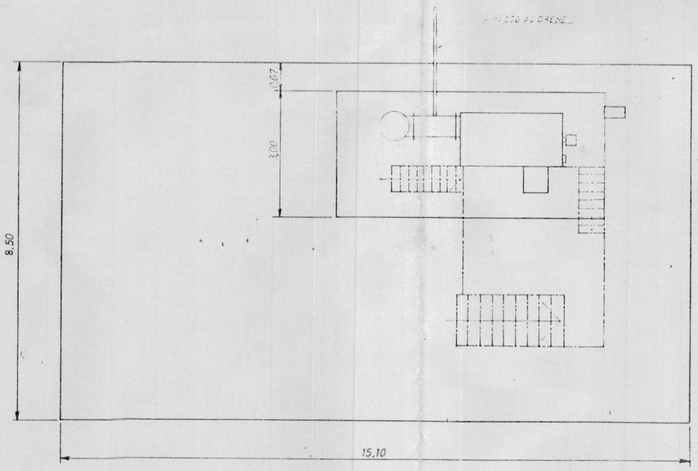


Nº	Denominación	Planta	Material	Nº		Observación
8	Depurador de humo			1		
7	Plataforma de Carga			1		
6	Camara de Incineración			1		
5	Alimentación			1		
4	Base			1		
3	Losa			1		
2	Chimenea			1		
1	Cubierta			1		

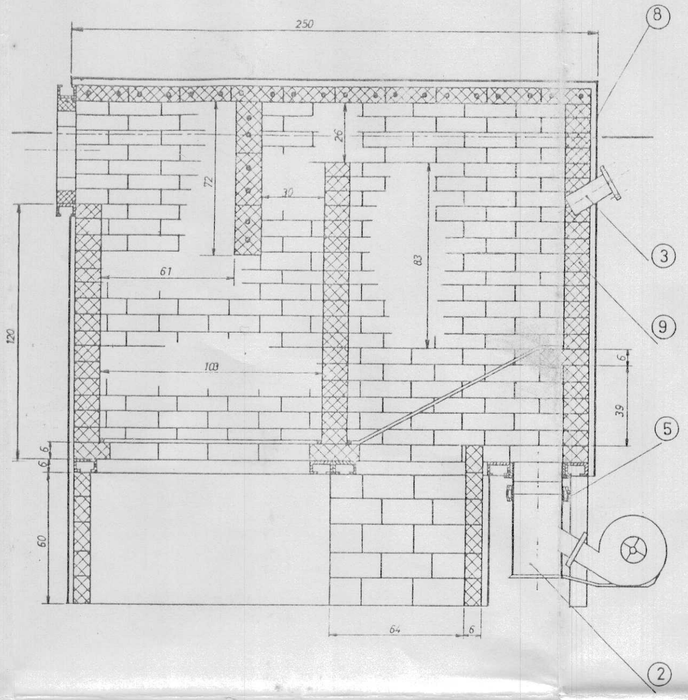
ESPOL	Nº 041
TESIS PREVIA OBTENCION DE TITULO DE ING. MECANICO	NOMBRE: Juan Chalen Ponce
MONTAJE GENERAL	FECHA: FEBRERO/87
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESCALA: 1:50

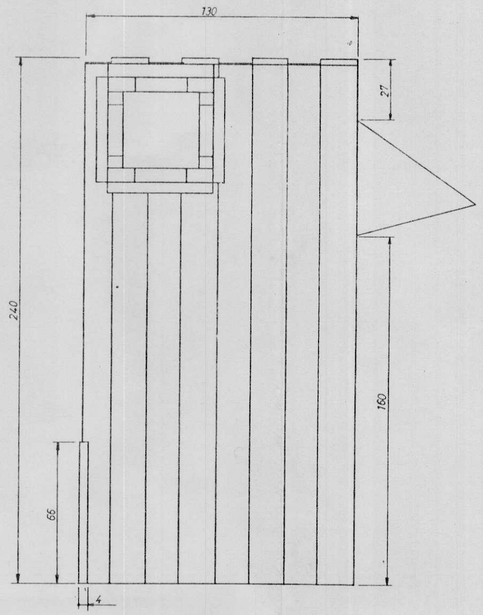


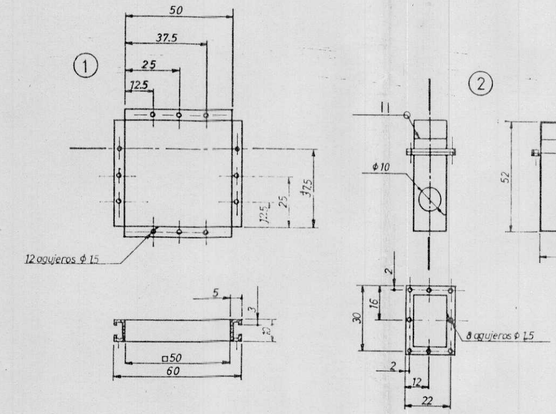


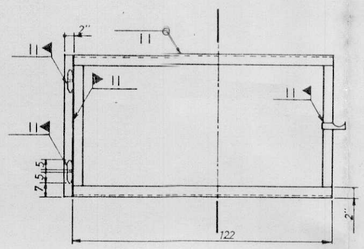


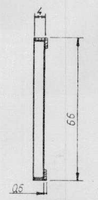
ESPOL	Plano: 040
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	Autor: Alain Chalen Ponce
DISTRIBUCION GENERAL Y SERVICIOS	FECHA: FEBRERO/87
	ESCALA: 1:50

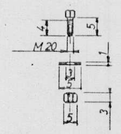


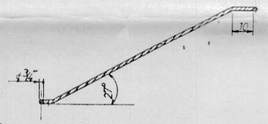


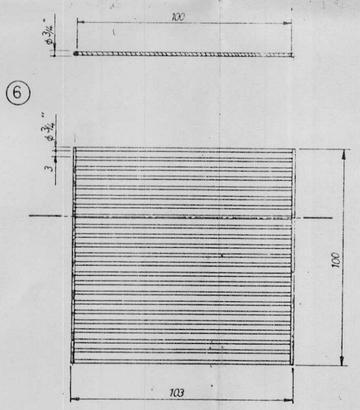


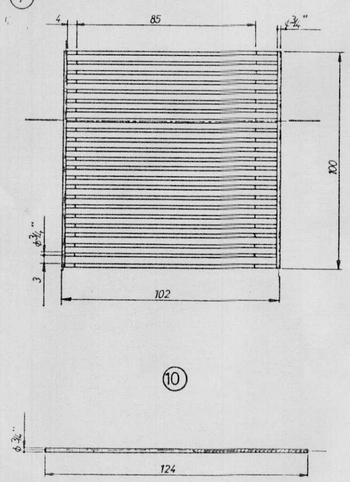


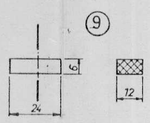


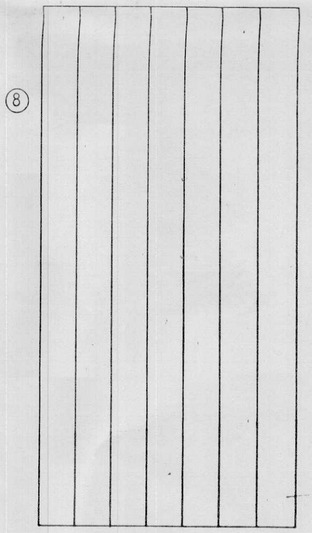




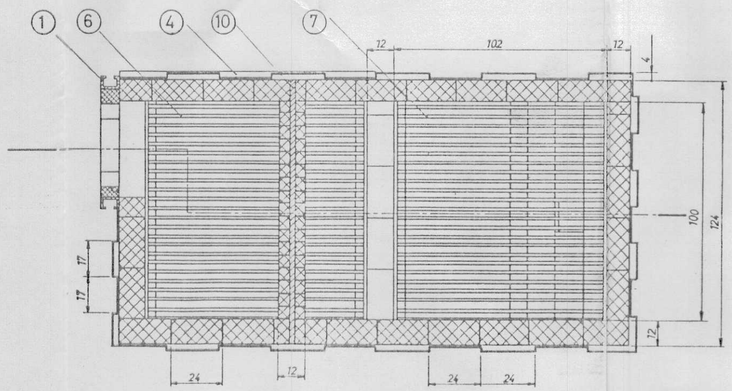




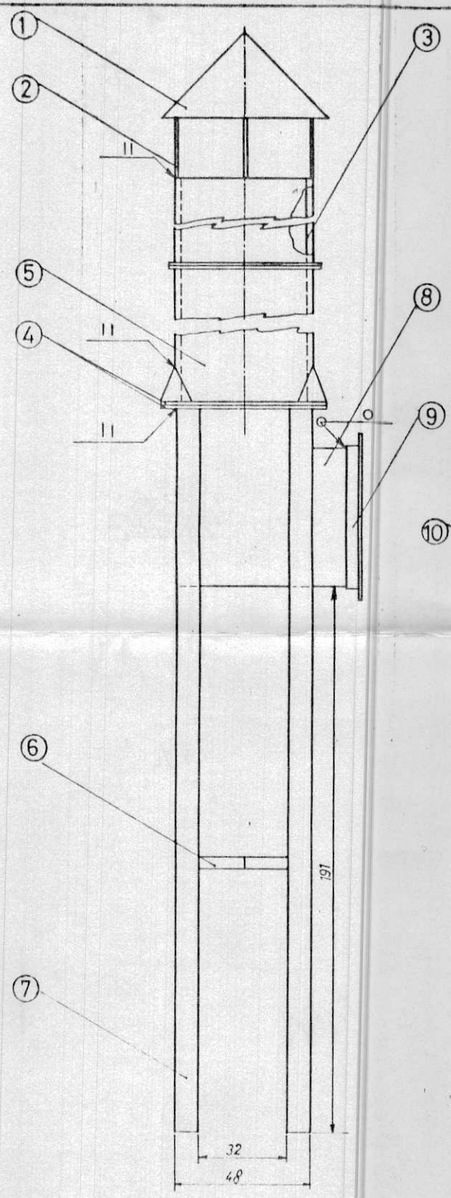


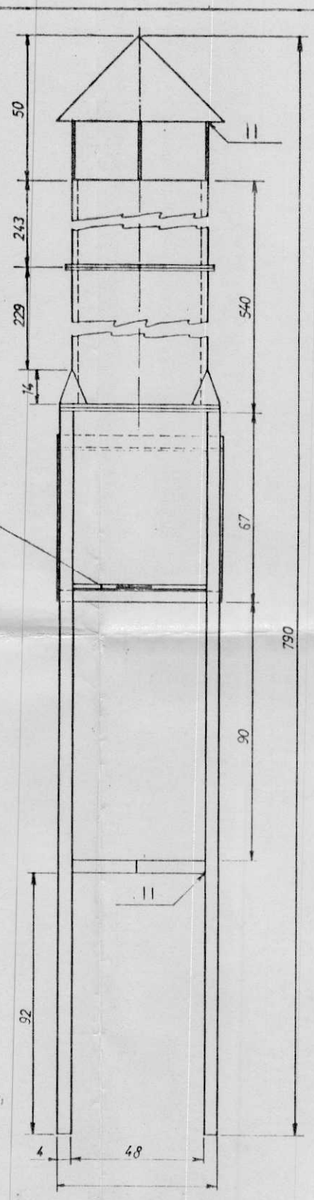


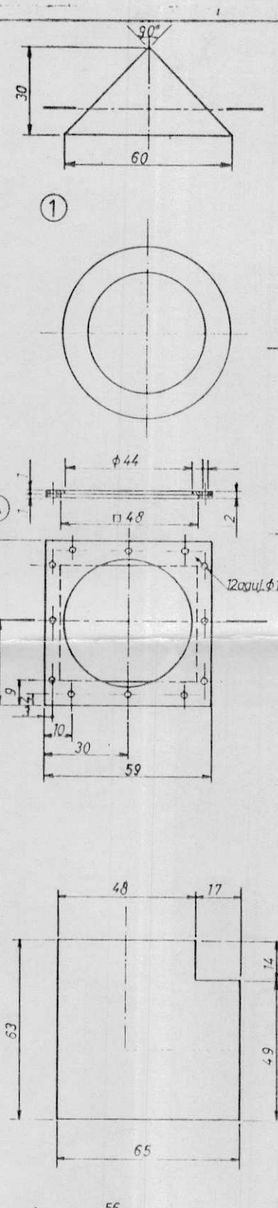
7 planchas de aluminio
4' x 8' x 1/4"

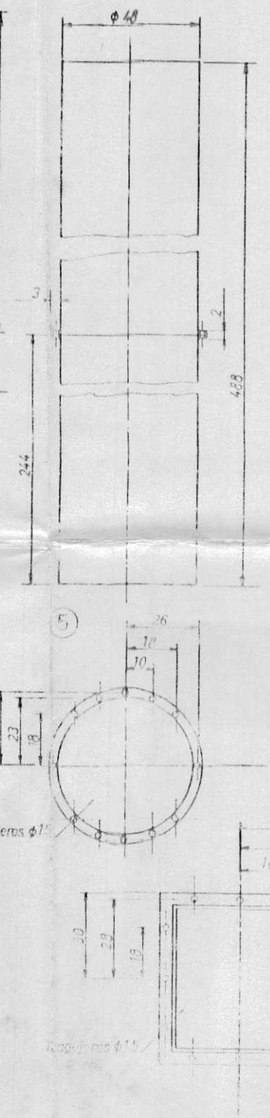


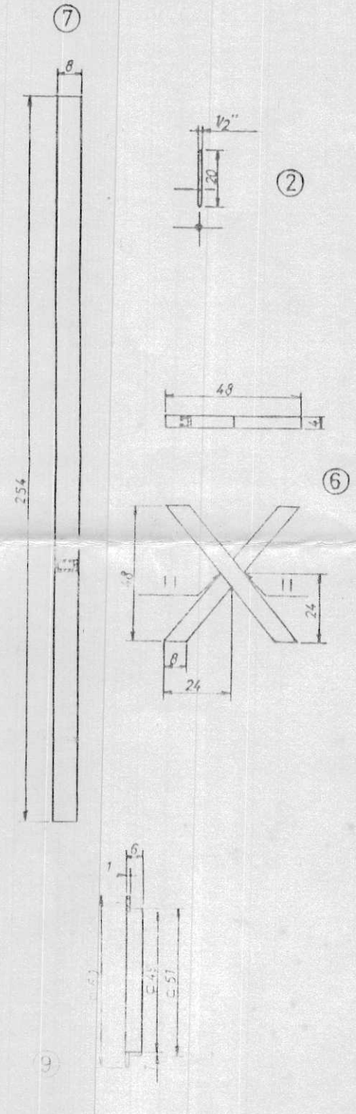
ESPOL	CODIGO: 041-6
TESIS PREVIA OBTENCION DE TITULO DE INGMECANICO	NOMBRE: Juan Chalen Pons
CAMARA DE INCINERACION	FECHA: FEBRERO '87
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESCALA: 1:10

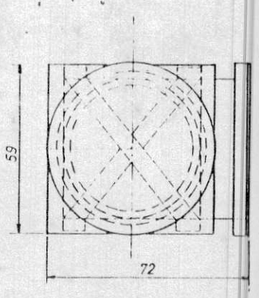


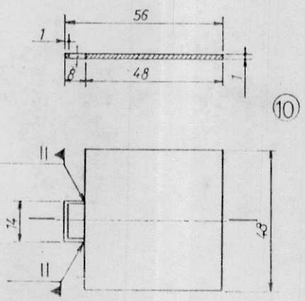


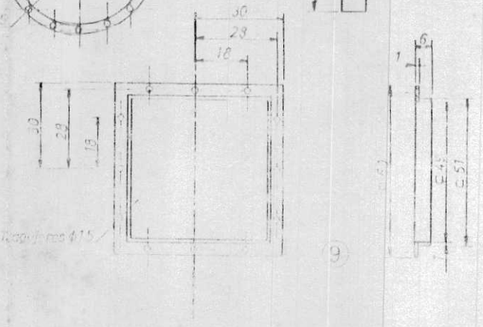






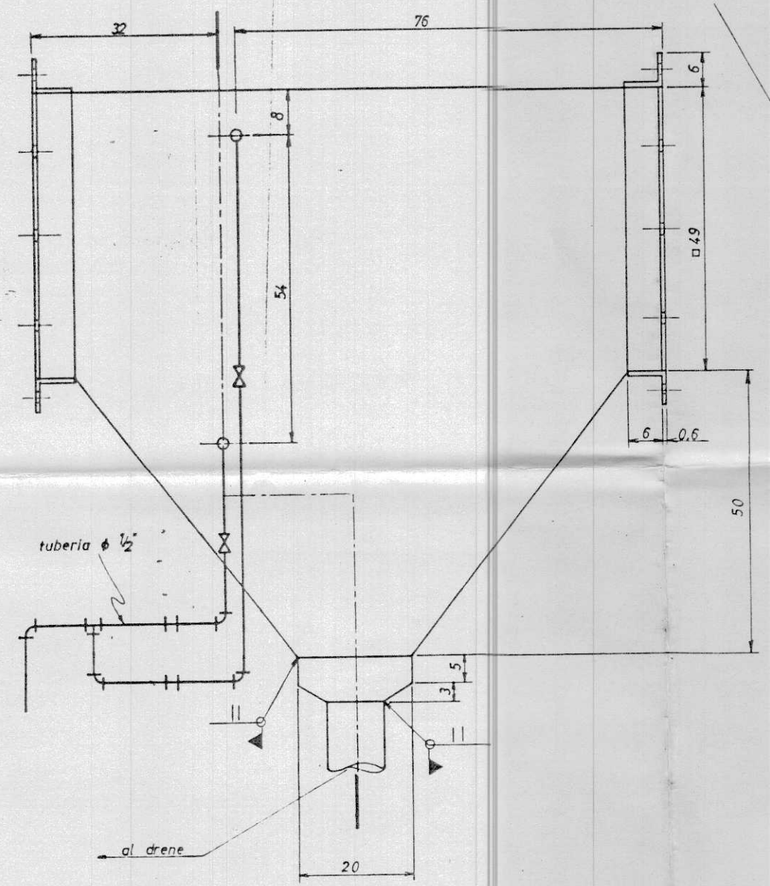


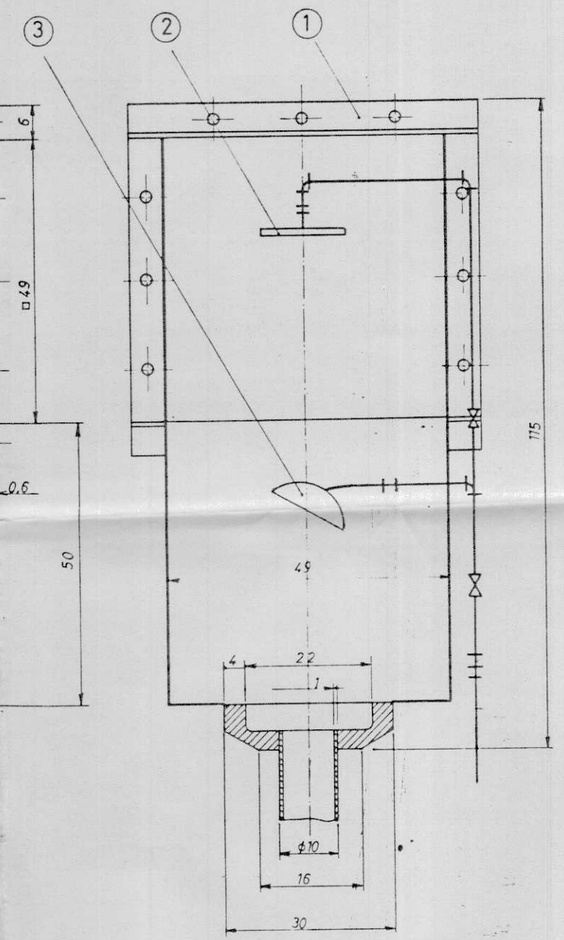


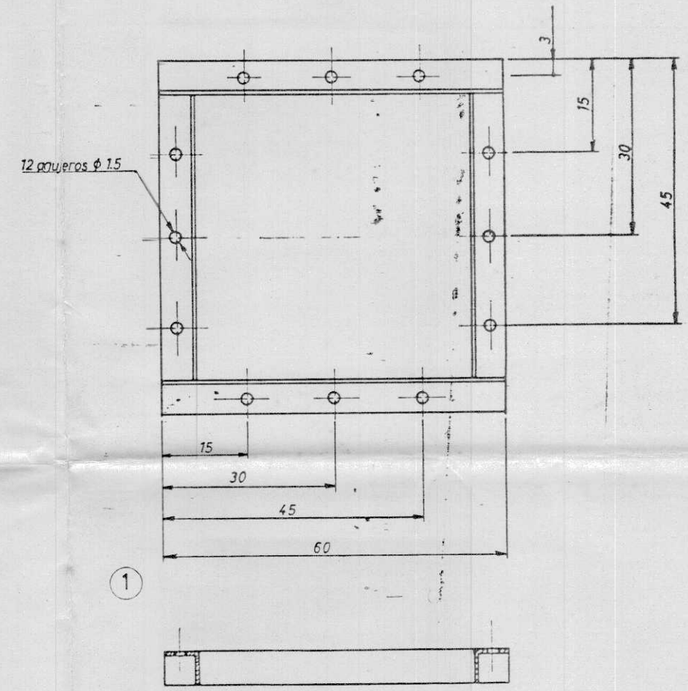


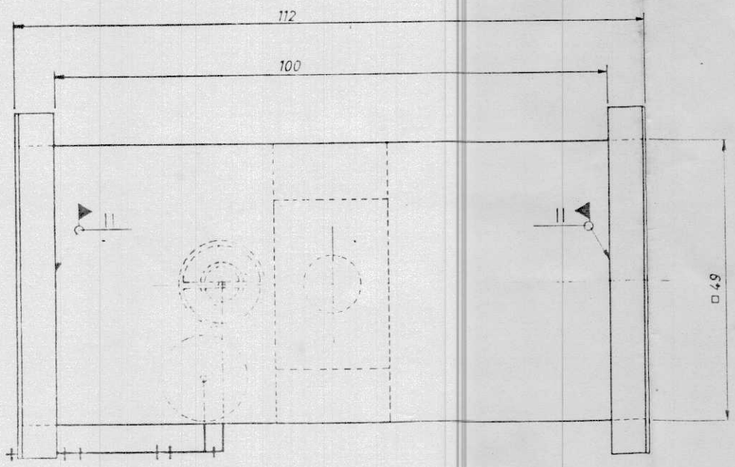
ESPOL

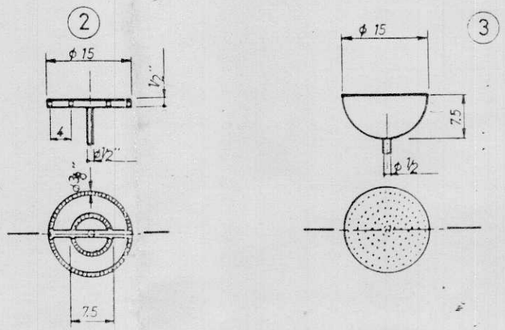
CHIMENEA



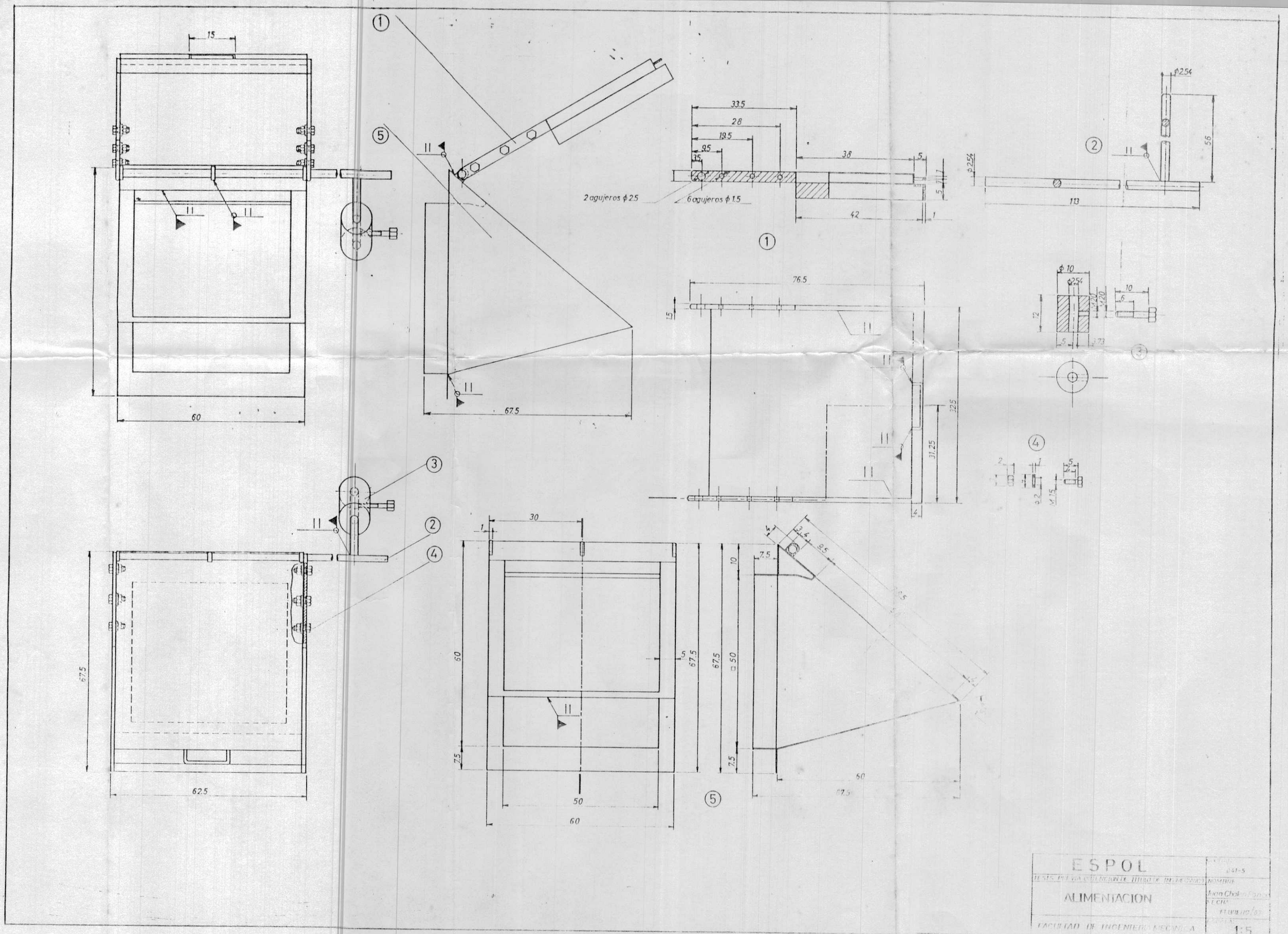




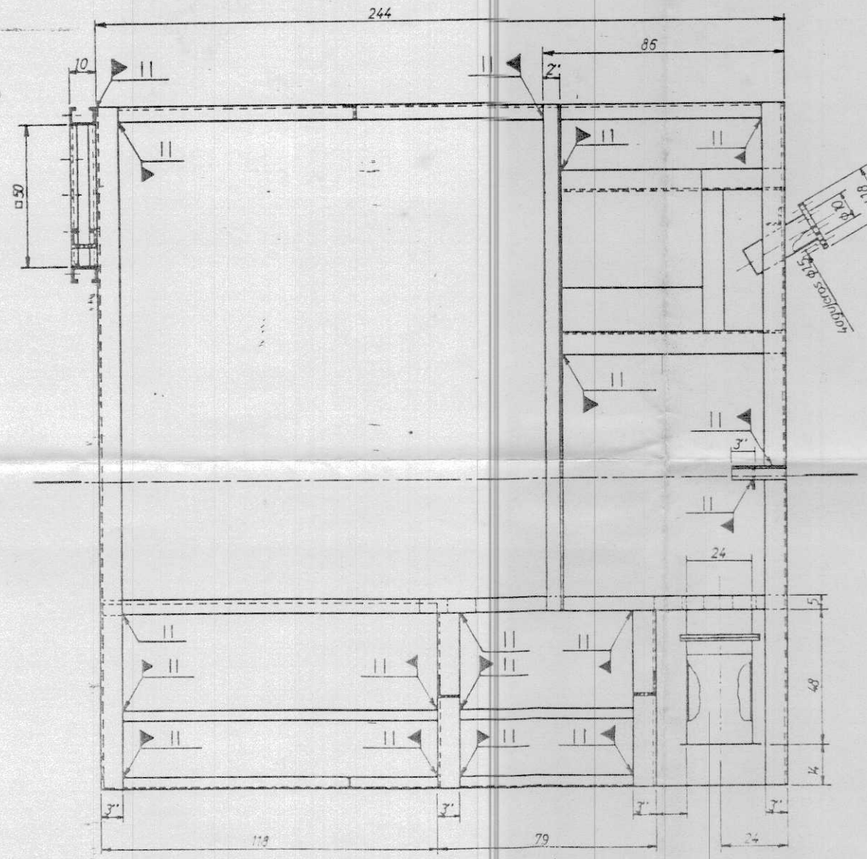


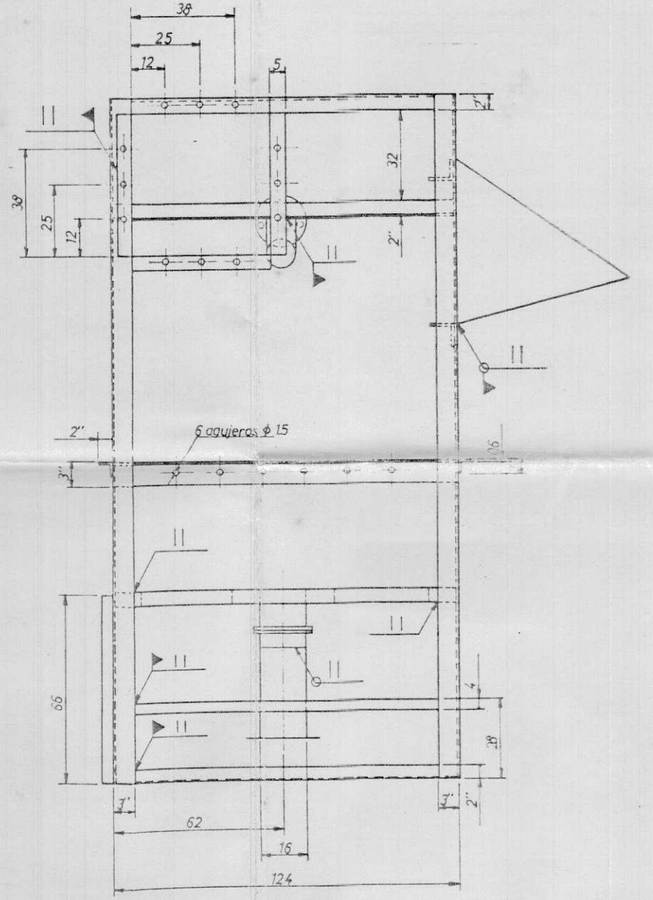


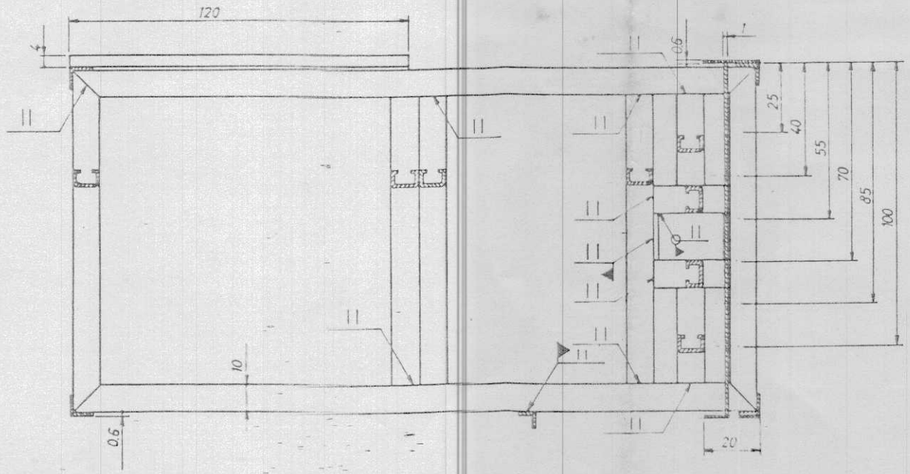
ESPOL	CONTIENE: 041-7
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	NOMBRE: Juan Chalen Fonce
DEPURADOR DE HUMO	FECHA: FEBRERO/87
	ESCALA: 1:5



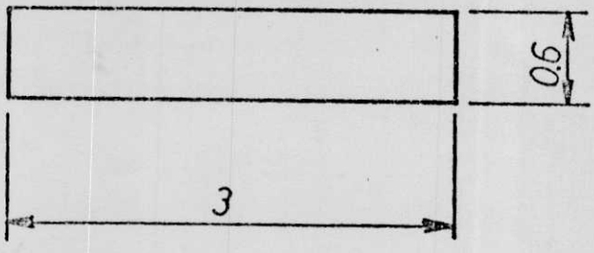
ESPOL	041-5
TESIS PREVIA OBTENCION DE TITULO DE INGENIERIA	NOMBRE: Juan Chalen Fonseca
ALIMENTACION	FECHA: FEBRERO/03
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESCALA: 1:5

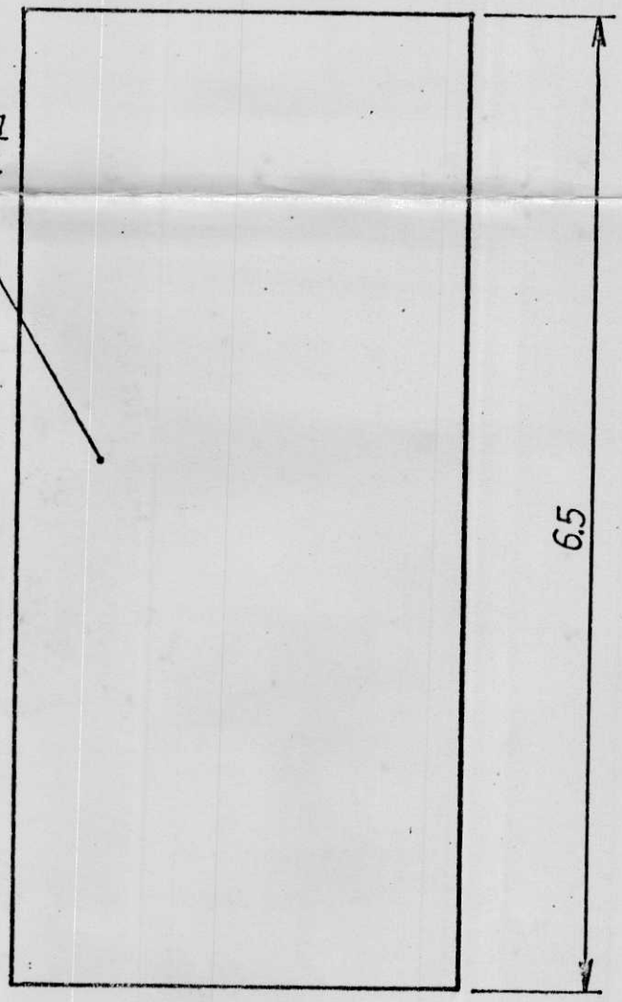




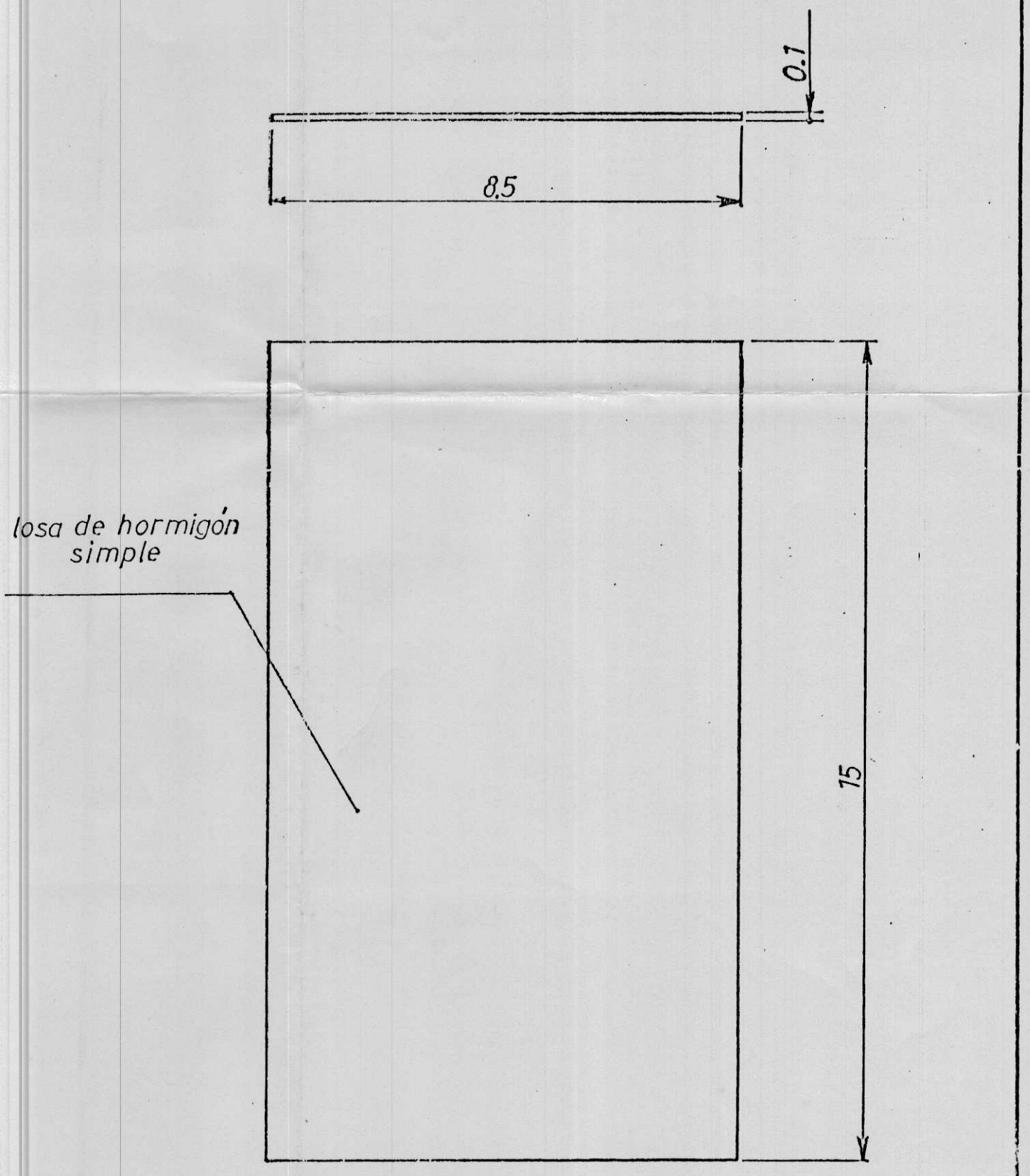


ESPOL	CODIGO: 041-6-2
TESIS PREVIA OBTENCION DE TITULO DE ING MECANICO	NOMBRE
ESTRUCTURA GENERAL	Juan Chalen Ponce
	FECHA: FEBRERO / 87
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESCALA: 1:10





BASE	CODIGO:
	NOMBRE: Juan Chalen Ponce
	FECHA: FEBRERO/87
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESCALA: 1:50



ESPOL	CODIGO: 041-3
TESIS PREVIA OBTENCION DE TITULO DE ING.MECANICO	NOMBRE
LOSA	Juan Chalen Ponce
	FECHA: FEBRERO/87
	ESCALA: