

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Implantación Del Sistema De Combustión Tubería Con Inyector
Incorporado En Una Cocina A Gas Realizado En La Empresa
Mabe Ecuador”

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Dídimo Alcides Vera Escalante

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2002

AGRADECIMIENTO

A Dios.

A todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo y en especial al Ing. Ernesto Martínez Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI HIJO

A MIS HERMANOS

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Dídimo Alcides Vera

Escalante

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Rivadeneira P
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Duque R..
VOCAL

Ing. Francisco Andrade S.
VOCAL

RESUMEN

Este proyecto consiste en el desarrollo e implantación de un sistema de combustión para una cocina doméstica a gas realizado en una empresa manufacturera de línea blanca en el año 2001, este proyecto se realizó en la ciudad de México lugar donde se encuentra el centro de Tecnología y Desarrollo desde donde se da asistencia técnica a las empresas que integran el corporativo y desarrollado por el autor de esta tesis que se desempeñaba como diseñador del departamento de ingeniería y calidad.

Este proyecto se inicia con la necesidad de realizar cambios, para la nueva línea de cocinas del año 2002. Estos cambios al producto se basan en un nuevo concepto de diseño curvilíneos, y trae como consecuencia el cambio del sistema de combustión actual, y se desarrolla el nuevo sistema mejorando la calidad, durabilidad, y funcionalidad,

El sistema de combustión tubería de aluminio con inyector incorporado esta formado por tuberías de aluminio que permiten adaptarse a las formas curvilíneas de los nuevos modelos de cocinas que se desarrollaron para al año 2002,

Esta tesis esta estructurada en 4 capítulos que a continuación dan su contenido.

Capitulo 1, se inicia con los fundamentos teóricos donde se dan los conceptos relacionado con el sistema de combustión.

Capitulo 2, aquí se anotan los problemas frecuentes que se presentan en el sistema anterior y que serán resueltos por el nuevo sistema y posteriormente se describen las partes del nuevo sistema a implantar, en esta sección se realizan los cálculos de los diámetros de los inyectores que nos darán el flujo térmico para cada quemador.

Capitulo 3, en éste capitulo se mencionan los requerimientos en las líneas de ensambles, las herramientas a utilizar, las pruebas de laboratorio donde se aplican las normas requeridas para que el producto sea comercializado, también se realizan una evaluación general de los problemas encontrados.

Capitulo 4, finalmente se anotan las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido durante el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	3
1.1.- Introducción a la Combustión.....	3
1.2.- Combustibles Utilizados.....	7
1.3.- Sistema tubo venturi.....	8
1.4.- Quemadores a gas.....	11
1.5.- Válvulas.....	14



CIB - ESPOL

CAPITULO 2

2. IMPLANTACION DEL SISTEMA TUBERIA CON INYECTOR

INCORPORADO.....	16
2.1.- Problemas frecuentes en sistema tubo Venturi.....	16
2.2.- Sistema de tubería con inyector incorporado.....	22
2.3.- Análisis de costos.....	34

CAPITULO 3

3. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA EN LINEAS DE ENSAMBLE....	37
3.1. Ensamblajes de partes.....	37
3.2. Herramientas.....	41
3.3. Pruebas de laboratorio.....	44
3.4. Evaluación de los problemas encontrados.....	55



CIB - ESPOL

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
--	----

APENDICES

BIBLIOGRAFIA.

ABREVIATURAS

ANSI	American Nacional Estandard Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares)
ASTM	American Society for Testing and Material (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
Btu / h	B.T.U (Unidad Térmica Británica) por hora
Cp	Calor específico a presión constante
ft ³	Pié cúbico
GLP	Gas Licuado de Petróleo
in	Pulgadas
In H ₂ O	Pulgadas de agua
INEM	Instituto Ecuatoriano de Normalización
K	Coefficiente de flujo de un fluido a través de un orificio
Kcal / h	Kilocaloría por hora
Kcal / h cm ²	Kilocaloría por hora y centímetro cuadrado
Kcal / m ³	Kilocaloría por metro cúbico
Kg	Kilogramo
Kg / m ³	Kilogramos por metro cubico
Lbs - in	Libras por pulgada
m ²	Metro cuadrado
m ³ / h	Metros cúbicos por hora
min	Minutos
MJ / Kg °C	Mega Jules por Kilogramo y grados Centígrados
mm	Milímetros
mm H ₂ O	Milímetros de agua
NOM	Norma Oficial Mexicana
NTC	Norma Técnica Colombiana
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
ppm	Partes por millón
R,p,m,	Revoluciones por minuto

SIMBOLOGÍA

A	Área total de salida del quemador
\dot{V}	Flujo Volumétrico
π	Constante de la circunferencia
g	Aceleración debido a la gravedad
(ppm CO) _m	Partes por millón de monóxido de carbono medidos por el analizador de gases
A	Área total de salida del quemador
C_g	Factor de corrección de la presión por gravedad
C_t	Factor de corrección por temperatura
d	Diámetro del Inyector
d_{rel}	Densidad relativa del gas
h	Presión estática del gas
k	Coefficiente del inyector
P_{atm}	Presión atmosférica
PC	Poder calorífico del gas
P_{cor}	Presión corregida por temperatura y gravedad
$P_{v,tg}$	Presión de vapor de agua
Q_t	Flujo térmico del quemador
Q_u	Flujo unitario de la sección de salida del quemador

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1	Sistema Tubo Venturi..... 8
Figura 1.2	Tubo de válvulas..... 9
Figura 1.3	Válvula 10
Figura 1.4	Inyector 10
Figura 1.5	Tubo mezclador..... 11
Figura 1.6	Regulador de aire..... 11
Figura 1.7	Partes del quemador... 14
Figura 2.1	Flamas con puntas amarillas. 18
Figura 2.2	Fuga por Descentramiento. 19
Figura 2.3	Descentramiento entre tubos quemadores y quemadores 20
Figura 2.4	Regulación de aire primario..... 22
Figura 2.5	Sistema de tubería con inyector incorporado..... 23
Figura 2.6	Cambio de válvulas..... 24
Figura 2.7	Bicono..... 25
Figura 2.8	Tuerca..... 25
Figura 2.9	Tubería de Aluminio con inyector incorporado..... 26
Figura 2.10	Valores del coeficiente K..... 29
Figura 2.11	Area del quemador 31
Figura 3.1	Ensamble de tubo de válvulas y válvulas..... 38
Figura 3.2	Ensamble del soporte regulador y tubería de aluminio..... 39
Figura 3.3	Ensamble del tubo de válvulas y soporte con tubería de aluminio..... 40
Figura 3.4	Destronillador neumático..... 42
Figura 3.5	Taladro neumático..... 43
Figura 3.6	Llave tipo corona..... 43
Figura 3.7	Analizador de gases..... 48
Figura 3.8	Flujómetro..... 49
Figura 3.9	Termómetro..... 49
Figura 3.10	Campana recolectora de gases..... 50

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1	Potencia de quemadores..... 27
Tabla 2	Diámetros de inyectores..... 33
Tabla 3	Pruebas aplicativas..... 47
Tabla 4	Capacidad térmica de los quemadores..... 53
Tabla 5	Temperaturas de superficies..... 54

INDICE DE PLANOS

Plano 1	Miniconector
Plano 2	Soporte Tubo Regulador
Plano 3	Tubo Regulador

INTRODUCCION

Este proyecto se inicia con la necesidad de realizar cambios, para la nueva línea de cocinas del año 2002. Estos cambios al producto se basan en un nuevo concepto de diseño curvilíneos, y trae como consecuencia el cambio del sistema de combustión actual, y se desarrolla el nuevo sistema mejorando la calidad, durabilidad, y funcionalidad.

El sistema de combustión tubería de aluminio con inyector incorporado esta formado por tuberías de aluminio que permiten adaptarse a las formas curvilíneas de los nuevos modelos de cocinas que se desarrollaron para al año 2002, y su facilidad de ensamblar las partes permite una rápida integración al producto, también fue favorable para su implantación los costos de los materiales que no representó aumento significativo al costo total del producto.

CAPITULO 1

1 FUNDAMENTOS TEORICOS.

1.1 Introducción a la Combustión.

Por combustión, puede entenderse toda reacción química relativamente rápida, de carácter notablemente exotérmico, que se desarrolla en fase gaseosa o en fase heterogénea (gas-liquido, gas-sólido), sin exigir necesariamente la presencia del oxígeno, con o sin manifestaciones del tipo de llamas o de radiaciones visibles. A su vez, las llamas pueden definirse como reacciones de combustión que se propagan a través del espacio, a velocidad inferior a la del sonido acompañada normalmente de radiaciones visibles: sus características de propagación en el espacio en condiciones de velocidad limitada, las diferencian claramente de otras reacciones.

Condiciones límites para que se produzca la llama.

Límites de inflamabilidad.

Partiendo de mezclas estequiométricas de combustible comburente, y procediendo a las escalas de concentraciones tanto hacia mezclas más ricas como hacia las más pobres en combustible, se llega en ambos casos a mezclas límites, en las cuales el calor producido por un volumen de la mezcla en combustión resulta insuficiente para propagar la llama, en el ambiente circundante, por difusión molecular y térmica; ambos límites marcan el superior e inferior de inflamabilidad (ver apéndice A) Viene dados por el porcentaje de concentración del combustible en la mezcla combustible comburente. En general, los límites corresponden a mezclas que dan lugar a bajas temperaturas de combustión, en las cuales no puede propagarse la llama (en otras palabras, se tiene una pérdida de energía, por lo que la mezcla circundante no puede alcanzar la temperatura de ignición). Los valores de ambos límites cambian mediante variaciones de la presión y la temperatura.

Límites de presión.

Los límites de presión definen el intervalo de presiones dentro del cual puede existir una llama; se han hecho experiencias demostrativas al respecto y se ha constatado que, por lo que se refiere al límite inferior, que esta por debajo de las 10×10^{-3} atmósferas, todas las llamas tienden a extinguirse, el límite superior es muy difícil de determinar debido a la peligrosidad de la mezcla,

hasta el momento se han conseguido combustiones a presiones de hasta unas 100 atmósferas.

Temperatura de la llama.

En la combustión de determinado material pueden conseguirse llamas de temperatura diversas, según las condiciones experimentales utilizada; ejercen una influencia determinante en ello el poder calorífico del combustible y su composición, el tipo de comburente (aire, oxígeno o mezclas de ambos) y la velocidad global de combustión. Este último depende a su vez de la reactividad del combustible, de la forma y eficacia del sistema de combustión y de la temperatura inicial de los reactivos. El cálculo teórico de la temperatura de una llama (temperatura ideal) se basa normalmente en el supuesto de que la reacción se produzca de un modo completo, en proporciones estequiométricas, con mezclas perfectamente homogéneas y en un tiempo brevísimo de modo que no se produzcan pérdidas de calor por el ambiente, en consecuencia se calcula la temperatura de la llama (temperatura adiabática ideal) multiplicando el calor específico medio de los gases quemados por su cantidad, y dividiendo el contenido térmico global por este valor. Por consiguiente, las combustiones perfectamente estequiométricas son de difícil realización en la práctica: generalmente se necesitan grandes excesos de aire, que contribuyen a la vez a una mezcla

deficiente de los reactivos, y a una reducción posterior de la temperatura de la llama.

Aspectos físicos.

El estudio de los fenómenos ligados a la combustión se realiza en campos que pertenecen tanto a la química como a la física; en las manifestaciones a niveles térmicos poco elevados, del tipo de las llamas frías en las condiciones límites de autoignición y, por consiguiente, de autopropagación, en las llamas al vacío, etc, los procesos químicos toman importancia, mientras que en las condiciones de llama estable (altas temperaturas y presiones por encima de las atmosféricas) son los factores físicos los que asumen un papel más importante.

Un combustible puede reaccionar con el comburente según tres diversos regímenes:

De oxidación lenta

Se alcanza una temperatura limitada al cual la reacción oxidante y el proceso de liberación de calor tiene lugar con bajas velocidades específicas, y a veces sin manifestaciones visibles (llamas).

Mezcla combustible comburente.

De determinada composición es inducida a reaccionar por medio de una fuente localizada de calor, obteniendo una onda de deflagración, o bien un frente de llama.

Ondas de detonación.

El tercero se refiere a las denominadas ondas de detonación, que pueden obtenerse directamente, o si bien las condiciones ambientales lo permiten, por transición de una onda precedente de deflagración.

De los diversos procesos físicos que intervienen en la combustión, la turbulencia es la más importante. Corresponde a un movimiento desordenado de los fluidos, con formación de un gran número de torbellinos que interfieren unos con otros, dispersos en todo el medio en reacción, de volumen y características cinéticas muy diversas entre sí.

Los movimientos turbulentos ejercen una acción determinante sobre la combustión, ya que los fluidos en agitación desordenada transportan porciones de llama, encrespando y ondulando la superficie: de este modo la superficie del frente de llama sufre una gran ampliación, y se obtiene un aumento neto de la velocidad de liberación de calor. El movimiento turbulento provoca además un

avance más rápido de la onda en dirección de la mezcla inflamable que no ha reaccionado aún.

1.2 Combustibles Utilizados.

Los tipos de combustibles gaseosos para uso domésticos que se suministran se subdividen en tres familias:

1° familia: comprenden los gases manufacturados, es decir los gases obtenidos del carbón, de los destilados ligeros del petróleo y de los aceites minerales pesados, que frecuentemente se mezclan con metano y tienen un poder calorífico que varía entre 3800 y 4500 kcal/m³, su distribución a los usuarios se lleva a cabo por canalización.

2° familia: comprende los gases llamados naturales, cuyo componente es el metano. En los gases naturales el contenido en metano varía en 95 al 99% en volumen. En el gas natural están presentes, además del metano, hidrocarburos saturados superiores. Su poder calorífico esta entre 8000 Kcal/m³ 10000 Kcal/m³.

3° familia: comprenden los gases de petróleo licuado, G.L.P. (fundamentalmente parafinas y olefinas de 3 y 4 carbonos) Los G.L.P. por su bajo contenido de vapor a la temperatura ambiente, pueden ser operando a presiones reducidas ser almacenados y

transportados en estado líquido y utilizarse luego como combustibles gaseosos. Pueden distribuirse como propano o butano puros, o como mezclas los poderes caloríficos superior varía de 24000 a 32000 kcal./nm³ su distribución a los usuarios se efectúa utilizando recipientes de tamaño variados.

1.3 Sistema Tubo Venturi.

Este sistema esta clasificado dentro de los quemadores domésticos de gas con mezcla previa de aire o atmosférico, donde la mezcla aire combustible se realiza externamente, también es conocido como tipo venturi El sistema de combustión que utilizan las cocinas fabricadas en esta planta tiene como principal componente el tubo mezclador que tiene una garganta venturi de ahí su nombre.

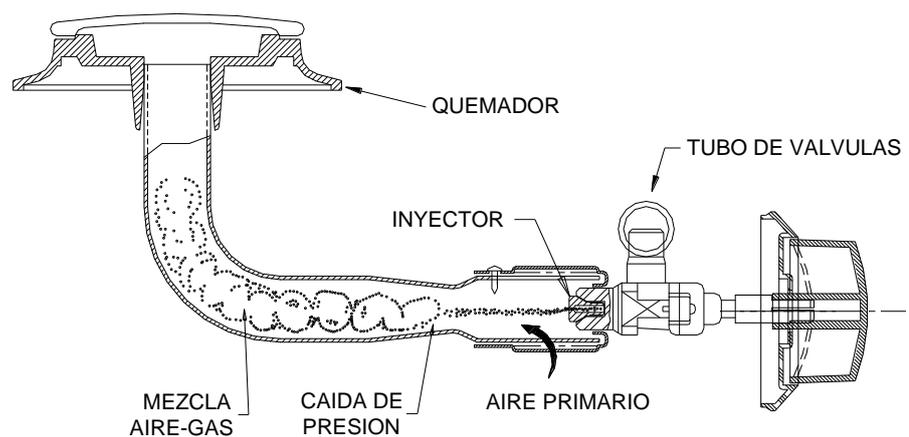


FIGURA 1.1 SISTEMA TUBO VENTURI

Sus principales componentes del sistema son:

Tubo de válvulas, válvulas, inyector, tubo mezclador y regulador de aire.

Tubo de válvulas.- También conocido como manifold, está ubicada en la caja de quemadores, y tiene como función principal el suministro de gas (combustible), en el se soportan las válvulas.



FIG 1.2 TUBO DE VALVULAS.

Válvulas.- Este componente permite el paso del gas desde el tubo de válvula hacia los quemadores, esta ubicado en el tubo de válvulas, regula el flujo del combustible y es accionado por medio de una perilla.

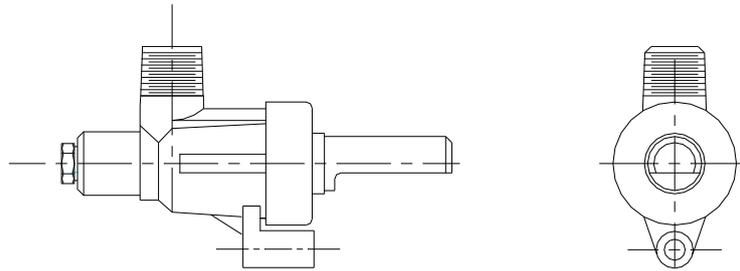


FIG. 1.3 VALVULA.

Inyector.- Esta ubicada en la parte posterior de la válvula, y su función principal es de mantener el flujo de gas a un nivel fijo.

Tipos de inyectores:

Inyectores de tipo fijo.

Inyectores de tipo ajustable.

Inyectores de tipo universal.

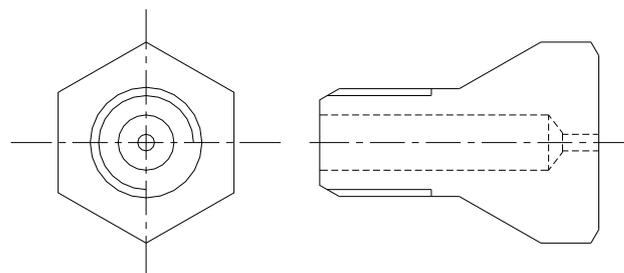


FIG. 1.4 INYECTOR

Tubo mezclador.- El tubo mezclador sirve para llevar la mezcla gas aire desde la garganta venturi a la cabeza del quemador. El gas y el aire se mezclan al ir pasando por este tubo, lo cual le da su nombre.

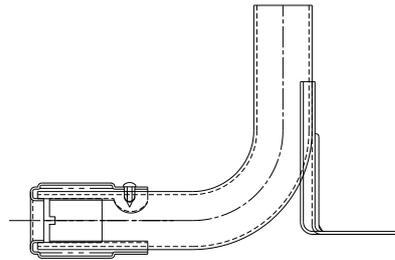


FIG. 1.5 TUBO MEZCLADOR.

Regulador de aire.- Es un dispositivo que se utiliza para ajustar la cantidad de aire primario, regulando el tamaño de la entrada de aire.

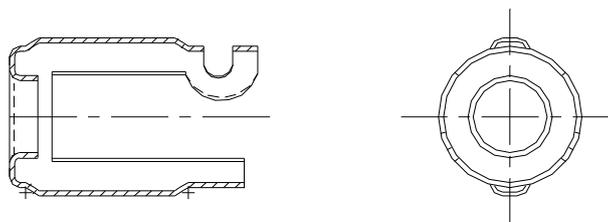


FIG. 1.6 REGULADOR DE AIRE.

1.4 Quemadores a Gas.

Un quemador a gas es un dispositivo empleado para quemar gas bajo control y producir calor útil. Los quemadores domésticos se dividen en dos clases principales:

Quemadores sin mezcla previa de aire;

Quemadores con mezcla previa de aire.

Quemadores sin mezcla previa de aire.

Son los tipos más sencillos. En ellos el gas se pone en contacto con el aire sólo en el momento en que se provoca la combustión. Reciben también el nombre de quemadores de llama blanca, por la llama luminosa que producen. Las moléculas del gas que se hallan en la superficie del chorro arden combinándose con el oxígeno del aire, y, descomponiéndose, generan carbono libre, que es la causa del fenómeno de luminosidad.

Los quemadores sin mezcla previa dan lugar a llamas más bien alargadas, por el hecho de que el gas debe buscar el aire necesario para la combustión en el momento en que sale del quemador.

Quemadores con mezcla previa de aire.

El quemador con mezcla previa de aire, o atmosférico producen llamas azules, constituidas por un cono interior rodeado de una capa de llama menos luminosa.

Estos quemadores poseen una notable elasticidad, de forma que pueden funcionar con varios tipos de gas y entre márgenes de presión bastantes amplios. También llamado quemador de flama azul (bunsen) fue inventado alrededor de 1842 por Robert Wilhelm Von Bunsen, este quemador mezcla cierta cantidad de aire con el gas combustible antes de que el gas llegue a las portas del quemador. A pesar de ser un dispositivo bastante simple, pueden trabajar bien con una gran gama de gases combustibles y bajo un amplio rango sin que estos tenga efectos adversos en sus desempeños. Este tipo de quemador ofrece libertad para los patrones de flama y su relación con el diseño de aparatos.

Partes del quemador.

Suministro de gas.

Inyector.

Cuerpo del quemador

Regulador de aire primario

Entrada de aire primario.

Base quemador

Tapa quemador

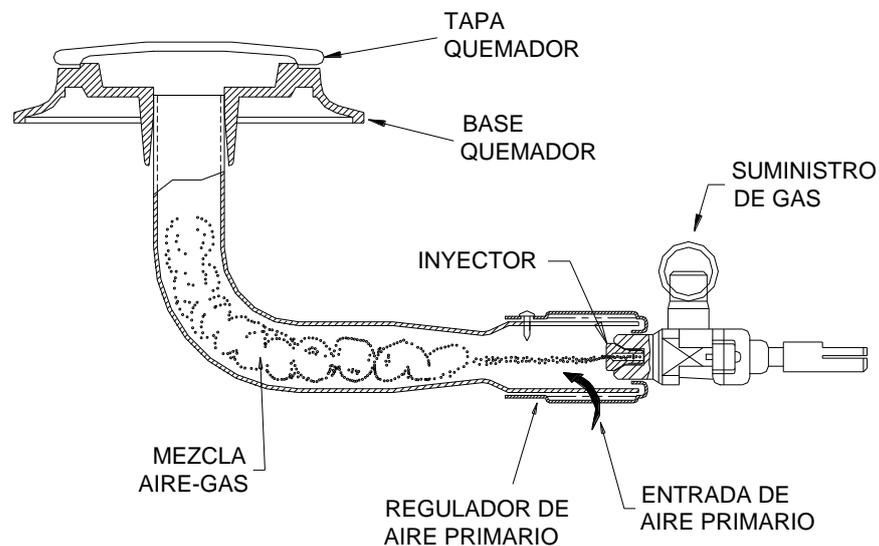


FIG. 1.7 PARTES DEL QUEMADOR.

1.5 Válvulas.

Válvulas con inyector incorporado.- Actualmente se utilizan válvulas con dos tipos de materiales, válvulas de latón y de zamak, este es un componente que permite el paso de combustible en este caso gas L.P. o gas natural al tubo mezclador donde se produce la mezcla aire-combustible para posteriormente pasar al quemador y realizarse la combustión.

Válvula de zamak tiene como característica principal el control gradual de caudal de acuerdo a las explicaciones a seguir:

Al girar la perilla acoplada al vástago de la válvula, es transmitido el movimiento de rotación para el embolo que pasa a desplazarse en sentido longitudinal a través de la superficie helicoidal del came.

El movimiento longitudinal del embolo hace que tengamos distancias definidas del anillo de control de caudal. El referido anillo se mantiene posicionado en su alojamiento del cuerpo por acción del came sobre este.

El posicionamiento en los puntos de cerrado y abierto máximo es obtenido a través de ranuras en la superficie del vástago que son ubicadas por el pin en contacto con la misma.

El dimensionamiento del embolo es efectuado en conformidad con las características exigidas para obtener el caudal máximo en el ángulo especificado y tenga un control gradual hasta cerca del final del giro, donde se obtiene el caudal mínimo.

El sellado frontal de la válvula es garantizado por el anillo de sellado acoplado al émbolo.

Materiales.

El cuerpo, came, émbolo y vástago son inyectados en zamak 5.

Los dos anillos de goma de compuesto nitrilo son resistentes mecánicamente a la temperatura y a la acción de los gases.

El resorte es de acero inoxidable AISI 302.

Pruebas y ensayos.

La válvula es proyectada para soportar pruebas de durabilidad en las siguientes condiciones:

1° ciclos.- Se realizan 40000 ciclos, a la razón de 900 ciclos/hora, alternando 2 horas a la temperatura ambiente y dos horas a 145°C.

2° Calentamiento estático - La válvula resiste 72 horas, sin ningún daño, colocada a la temperatura de 90°C. Después de esto se efectúan mediciones de torques y estanqueidad.

CAPITULO 2

2 IMPLANTACION DEL SISTEMA TUBERIA CON INYECTOR INCORPORADO.

2.1 Problemas Frecuentes en Sistemas Tubo Venturi.

Este sistema presenta problemas en el funcionamiento y también en la durabilidad de los materiales, estas fallas han sido detectadas en el campo y cuantificado por medio de un indicador de llamadas de servicio conocido como service call rate, este indicador nos informa sobre el porcentaje de fallas de los últimos doce meses de una clave de producto en específico en todas las producciones que estén en garantía, y las fallas más frecuentes que se debieron por el sistema de combustión venturi son los siguientes:

Puntas amarillas.

Las puntas amarillas se presentan cuando es insuficiente la cantidad de aire primario para obtener una buena combustión, al reducir la cantidad de aire primario provoca que los conos internos de la llama

se alarguen. a la larga desaparecen, y al irse reduciendo aun más la cantidad de aire primario van apareciendo en su lugar flamas con puntas amarillas, si se suprime por completo el aire primario las flamas se tomaran completamente amarillas.

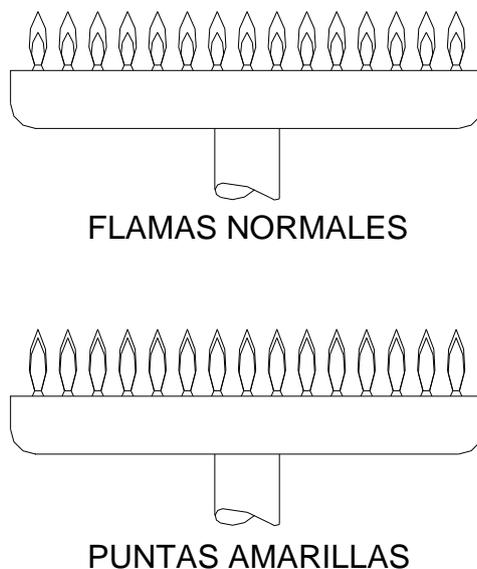


FIGURA 2.1 FLAMAS CON PUNTAS AMARILLAS

Las puntas amarillas son causadas por partículas de carbón que brillan dentro de la flama. Si estas flamas chocan contra una superficie fría, se formaran hollín al terminar la reacción de combustión prematuramente, esto es, antes de que las partículas de carbón se hayan quemado. Las flamas amarilla pueden también formar monóxido de carbono, sobre todo si las flamas chocan contra superficies frías.

Fugas por descentramiento en la admisión de aire primario.

Esta fuga se produce cuando al colocar la cabeza del quemador este centra el tubo mezclador respecto a la cubierta originando un ligero descentramiento en la unión de la válvula y el tubo mezclador o venturi, lo que en ciertas ocasiones produce fuga de gas en esta zona. En los tubos mezcladores frontales se presentan estos problemas con mas frecuencia que en los tubos mezcladores posteriores, esto se debe por tener poco espacio en dobléz del tubo mezclador no permitiendo la alineación correcta con la válvula y originando en ocasiones fuga de gas.

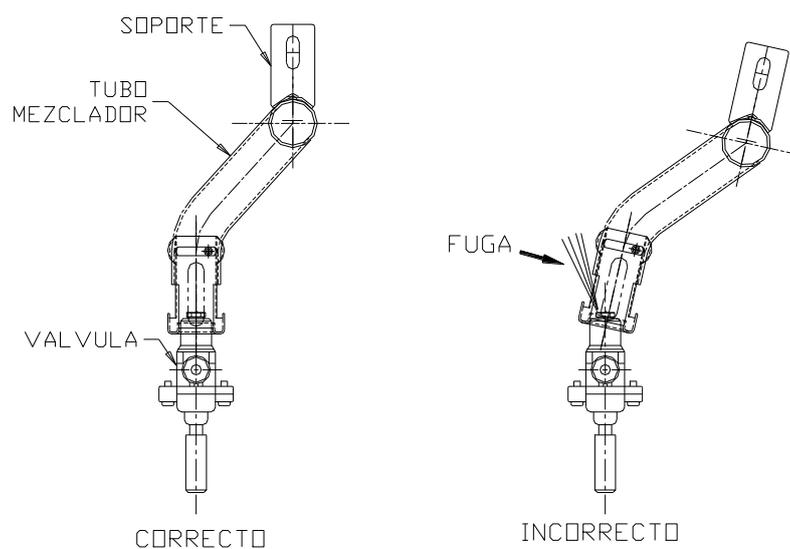


FIGURA 2.2. FUGA POR DESCENTRAMIENTO

Descentramiento entre tubos mezcladores y quemadores.

La variabilidad que se presenta en el ensamble de la caja de quemadores, es por no tener un control en el proceso durante su fabricación ocasionando variaciones de medidas de las mismas dentro de éstas las piezas más críticas son los tubos mezcladores y soportes tubos mezcladores, que dan como resultado en el ensamble un descentramiento entre los tubos mezcladores y la cabeza del quemador.

El tubo mezclador se sujeta mediante un tornillo al soporte tubo mezclador por medio de un agujero acanalado que permite el deslizamiento del soporte en el ensamble y este origina descentramiento entre ambos componentes mencionados.

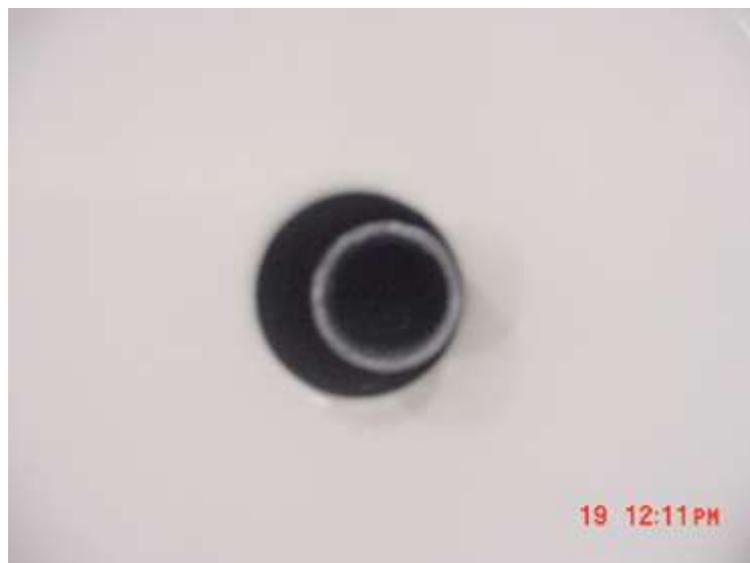


FIGURA 2.3. DESCENTRAMIENTO ENTRE TUBO QUEMADORES Y QUEMADORES.

Corrosión intensa en ambientes ligeramente salinos.

Los tubos mezcladores utilizados son de acero laminado en frío y galvanizado ASTM A 528.

Estos componentes presentan una rápida corrosión en la parte superior donde va ubicado la cabeza del quemador, esta corrosión es mas acentuada en los productos ubicados en la zona costera que debido al medio salino en que se encuentran presentan una corta durabilidad.

Difícil regulación de aire primario.

El sistema tubo venturi no tiene un acceso directo a los tubos mezcladores para realizar una regulación de la entrada de aire primario al proceso de combustión, para realizar esta regulación se debe desensamblar la cubierta y tubos respectivamente, luego destornillar el regulador de aire del tubo y proceder a la regulación girando el regulador Para cerrar la caja de quemadores lugar donde se encuentran los tubos mezcladores se ensambla en última instancia la cubierta quedando sellada la caja de quemadores.



FIGURA 2.4 REGULACIÓN DE AIRE PRIMARIO.

2.2 Sistema de Tubería con Inyector Incorporado.

Este sistema se puede clasificar dentro de los quemadores domésticos con mezcla previa de aire que consiste en tener la mezcla aire combustible en la parte interna del quemador

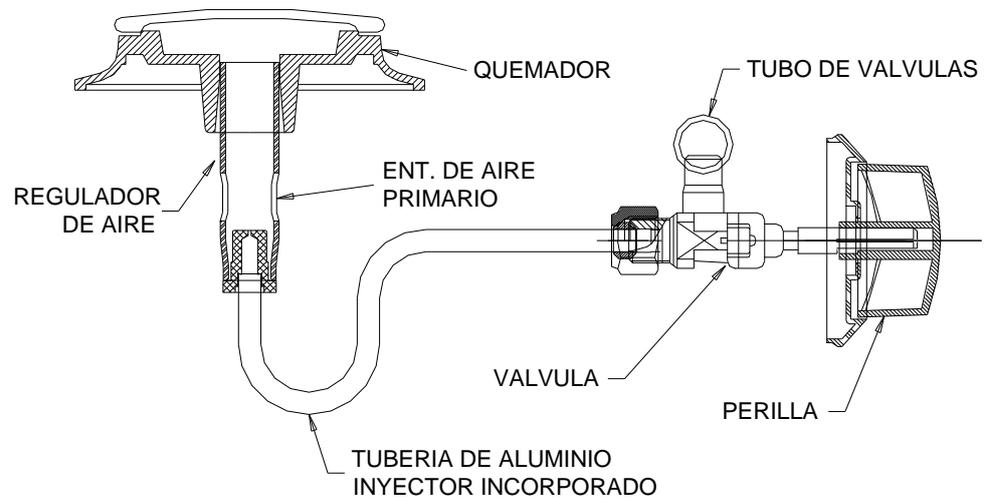


FIGURA 2.5. SISTEMA DE TUBERIA CON INYECTOR INCORPORADO.

Elementos del sistema.

Inyector

El inyector de sección de salida define y controla el flujo de gas y contribuye de un modo determinante a la combustión, éste está integrado a la tubería de aluminio

La cámara de mezcla.

Es la zona donde pasa el gas tras salir del inyector, aquí se realiza la mezcla aire gas.

La cabeza del quemador.

Es la zona donde el gas y aire primario llegan ya mezclados, y pasando la cual, a través de la sección de salida, se inicia el proceso de combustión

Elementos modificados.

Se implementó este sistema realizando cambios en los siguientes componentes

Válvula.

En la parte posterior de la válvula se cambio el diseño, de utilizar inyector incorporado en la válvula a un sistema de conexión tubería bicono tuerca. Con una salida para tubería de 1/4" de diámetro

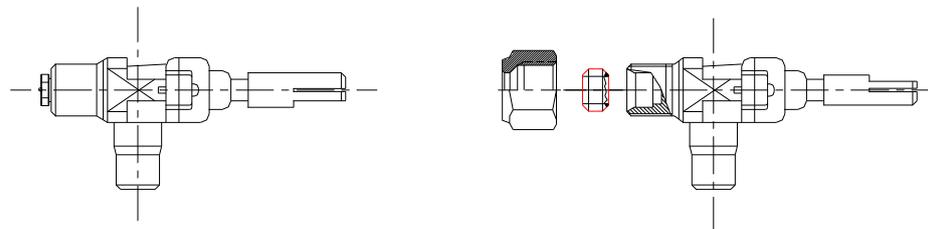


FIGURA 2.6 CAMBIO DE VALVULAS.

Bicono.

Es un componente que se utiliza para realizar sello mecánico entre la válvula y la tubería de aluminio con inyector incorporado, es de material caucho nitrilo, con una dureza de 80 shore A y para tubería de $\frac{1}{4}$ ".

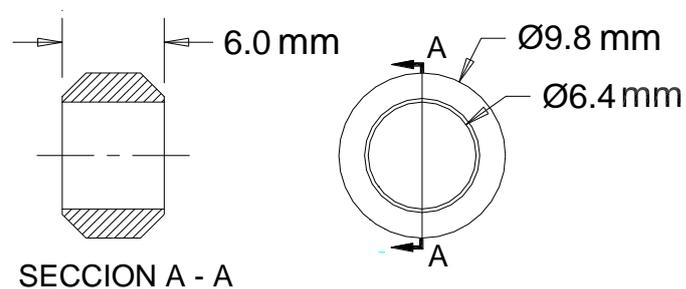


FIGURA 2.7. BICONO.

Tuerca.

La tuerca de acople es utilizado para realizar la unión entre la válvula y la tubería de aluminio con inyector incorporado el material de este componente es zamak al igual que el de la válvula.

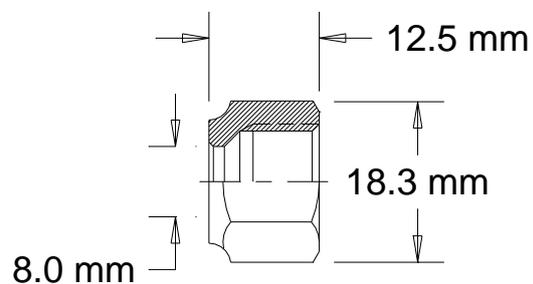


FIGURA 2.8. TUERCA.

Tubos de aluminio con inyector incorporado.

Este sistema utiliza tuberías de aluminio de $\frac{1}{4}$ " de diámetro para permitir el paso de combustible desde la válvula a la cabeza del quemador. Se conecta en la válvula por medio de la tuerca y el bicono, en el otro extremo lleva una cabeza llamado miniconector unido al tubo de aluminio en este se encuentra el orificio que permite la salida del gas hacia la cabeza del quemador.

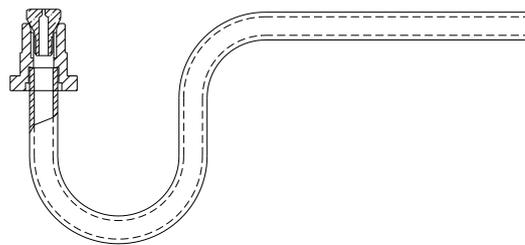


FIGURA 2.9 TUBERIA DE ALUMINIO CON INYECTOR INCORPORADO

El diámetro del orificio que se encuentra en el miniconector es calculado mediante fórmulas o tablas y determina las potencias respectivas de los quemadores. Los quemadores utilizados están diseñados para trabajar a una cierta potencia dependiendo de su tamaño, los quemadores superiores utilizados son de las siguientes potencias.:

Dimensión del Quemador	Potencia suministrada (teórico) Btu/h	Potencia quemador (Labor.) Btu/h	Variación %
3"	5286	4996	5,8
4"	6904	7225	4,4

TABLA 1 POTENCIA DE QUEMADORES.

Procedimiento para el cálculo del diámetro en el miniconector.

Se puede obtener el diámetro en el miniconector de dos formas.

1°.- Por método de cálculos.

2°.-Utilizando tablas.

1.- Por método de cálculo.

Se determina el flujo de gas.

$$V = C_1 A v \quad (1)$$

donde: V = flujo de gas, o caudal, en m^3/s ;

C_1 = coeficiente de contracción de la vena gaseosa;

A = sección del orificio, en m^2 ;

v = velocidad del gas, en m/s .

A su vez, la velocidad del gas que pasa a través de un orificio se obtiene por la fórmula:

$$v = C_2 \sqrt{\frac{2gh}{\rho}} \quad (2)$$

en la que: v = velocidad del gas, en m/s;

C_2 = coeficiente de rozamiento;

g = aceleración debido a la gravedad (9.81 m/s^2);

h = presión estática del gas, en mm de H_2O ;

ρ = peso específico del gas, en Kg/m^3 ;

Sustituyendo en la formula (1) v por su expresión dada en la formula (2) resulta:

$$V = C_1 \cdot A \cdot C_2 \sqrt{\frac{2gh}{\rho}} \quad (3)$$

Como se ha apuntado, el coeficiente C_1 tiene en cuenta la formación de vena gaseosa y el C_2 las pérdidas de carga por rozamiento.

Estos dos coeficientes de corrección pueden englobarse en un solo coeficiente k , que se define como el coeficiente de flujo de un fluido a través de un orificio y que depende de la forma de éste, del espesor del material de que se ha hecho el agujero, del tipo de material empleado, y del esmero del trabajo.

La fórmula definitiva se convierte por lo tanto en:

$$V = k \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2gh}{\rho}} \quad (4)$$

el valor del coeficiente k difícilmente puede alcanzar la unidad, por lo tanto la cantidad de gas que puede pasar a través de un orificio es

casi siempre inferior a la que debería corresponder a su sección efectiva de salida.

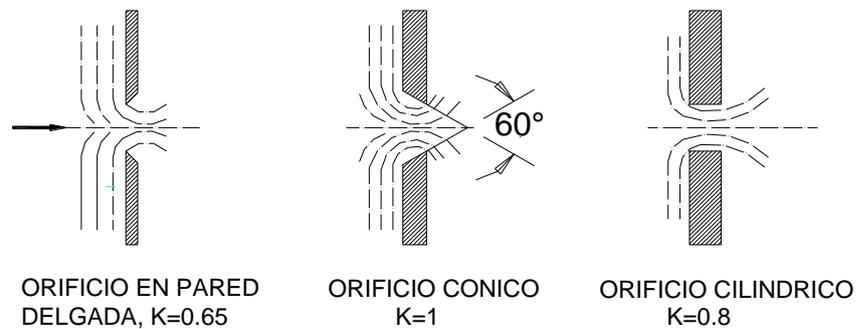


FIG 2.10 VALORES DEL COEFICIENTE K

En la figura se ve claramente que el factor k esta estrechamente ligado por la forma y espesor de las paredes del orificio.

En la formula (1) el flujo está expresado en m^3/s . En la práctica es más corriente expresarlo en m^3/h ; y también frecuentemente se sustituye el peso especifico del gas por la densidad respecto al aire.

Si además expresamos la sección A del orificio en función del diámetro del mismo dado en mm, y sustituimos g por su valor, indicado anteriormente, se obtiene la siguiente fórmula aproximada:

$$V = \frac{11}{10^3} k d^2 \sqrt{\frac{h}{d(\text{rel})}} \quad (5)$$

Esta formula es válida para presiones no demasiado elevadas, hasta de un valor de 2 atm valor difícilmente alcanzable con los equipos domésticos.

$$d = \sqrt{\frac{10^3 V}{11k \sqrt{\frac{h}{d(rel)}}}} \quad (6)$$

2.- Podemos obtener la potencia generada por el combustible si conocemos el flujo de gas o caudal y el calor específico del mismo, mediante la fórmula.

$$Q_t = VxPC \quad (7)$$

donde.

Q_t = potencia generada

V = caudal

PC = poder calorífico.

3.- Partiendo como referencia que los quemadores actuales están diseñados para una potencia determinada, se procede a determinar el diámetro de los agujeros en las tuberías de aluminio.

Para calcular el flujo térmico del quemador al cual esta diseñado utilizamos la fórmula.

$$Q_t = AQ_U \quad (8)$$

Donde Q_t = flujo térmico del quemador, en kcal/h;

A = Area, en cm^2 ;

Q_u = flujo unitario o carga térmica, en kcal/h. cm^2

$Q_u = 700 \text{ kcal/h. cm}^2$.

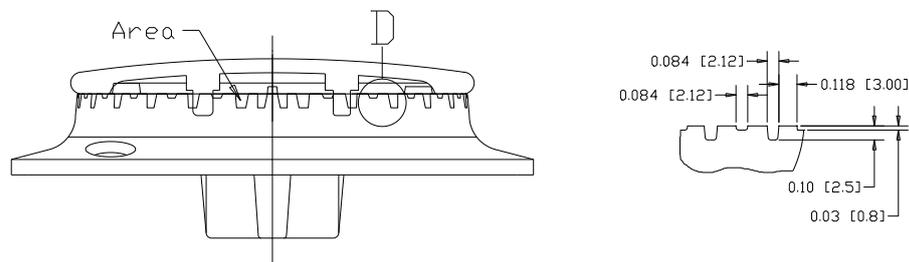


FIGURA 2.11 AREA DEL QUEMADOR

Valores para quemador de 3" de diámetro:

$$A = 1.5391 \text{ cm}^2$$

$$Q_t = A Q_u = 1077.384 \text{ kcal/h} = 4886.17 \text{ BTU/h.}$$

Para quemador de 4" de diámetro.

$$A = 2.7366 \text{ cm}^2$$

$$Q_t = A Q_u = 2189.312 \text{ kcal/h} = 8687.892 \text{ Btu/h.}$$

Calculamos el flujo.

Para quemador de 3".

$$Q_t = V x PC$$

$$V = \frac{Q_t}{PC}$$

Para valores de:

$$Q_t = 4886.17 \text{ Btu/h}; \quad PC = 2640 \text{ Btu/h, tenemos}$$

$$V = 1.85082 \text{ ft}^3/\text{h} = 0.05245 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$d = \sqrt{\frac{10^3 V}{11k \sqrt{\frac{h}{d(rel)}}}}$$

Para valores de:

$$V = 0.05245 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$k = 0.8$$

$$h = 11 \text{ in } H_2O = 279.4 \text{ mm } H_2O$$

$$d(rel) = 1.65$$

$$d = 0.67 \text{ mm}.$$

De la misma forma se obtiene el diámetro del agujero en la tubería de aluminio para el quemador de 4" de diámetro

$$Q_t = VxPC$$

$$V = \frac{Q_t}{PC}$$

Para valores de:

$$Q_t = 8667.9 \text{ Btu/h}; \quad PC = 2640 \text{ Btu/h, tenemos}$$

$$V = 3.2908 \text{ ft}^3/\text{h} = 0.0932 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$d = \sqrt{\frac{10^3 V}{11k \sqrt{\frac{h}{d(rel)}}}}$$

Para valores de:

$$V = 0.0932 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$k = 0.8H$$

$$h = 11 \text{ in } H_2O = 279.4 \text{ mm } H_2O$$

$$d(rel) = 1.65$$

$$d = 0.90 \text{ mm.}$$

Utilizando la tabla (ver apéndice B) para el cálculo del diámetro en las tuberías de aluminio obtenemos:

Para quemador de 3": $d = 0.025" = 0.63 \text{ mm.}$

Para quemador de 4": $d = 0.033" = 0.83 \text{ mm.}$

DIAM. DEL QUEMADOR	d (mm)		
	Formulas	Tablas	Real
3"	0,67	0,63	0,70
4"	0,90	0,83	0,80

TABLA 2 DIAMETROS DE INYECTORES

Tubo regulador

Es un tubo de aluminio de diámetro 16 mm y esta en la parte superior del tubo con inyector incorporado, tiene como función principal regular la entrada de aire primario que permite la mezcla aire

combustible en la cabeza del quemador y posteriormente la combustión. Esta regulación se realiza por medio de un anillo deslizable que va cubriendo las cavidades o ventanas que se encuentran en el tubo regulador.

2.3 Análisis de costos.

Un factor importante para que se realice el proyecto fue el resultado de un análisis de costo, donde se mostró que el producto no incrementaba su costo por el cambio de este sistema de combustión, se realizó un comparativo entre el costo del sistema tubo venturi y el sistema de tubería de aluminio con inyector incorporado.

Análisis de costo del sistema de combustión con tuberías ventury vs sistema de combustión tubería de aluminio con inyector incorporado.

SISTEMA DE ALUMINIO	\$ / UNIT	CANT	TOTAL
TUBO REGULADOR	0,09	4,00	0,36
TUBO C/CONECTOR 194 MM 0,7	0,21	2,00	0,42
TUBO C/CONECTOR 436 MM 0,7	0,27	2,00	0,54
VALVULA ZAMAK 7MM	0,39	4,00	1,57
BICONO CAUCHO 1/4	0,01	4,00	0,06
TUERCA 1/4 ZAMAK	0,04	4,00	0,16
TORNILOS TCC 7P*12.7 (1/2)	0,01	8,00	0,05
ARANDELA PLASTICA	0,01	8,00	0,06
SOP TUBO QUEM O.H "U"	0,06	4,00	0,22
TOTAL			3,43

Costo del sistema de tubería venturi

SISTEMA GALVANIZADO	\$ / UNIT	CANT	TOTAL
TUBO GALV 3/4	2,18	0,17	0,38
VALVULA ZAMAK 8MM INY	0,45	4,00	1,81
REGULADOR DE AIRE	0,71	0,08	0,05
TORNILOS TCC 7P*12.7 (1/2)	0,01	4,00	0,04
TORNILOS 7PP*7MM	0,01	4,00	0,04
SOP TUBO 3/4 GALV	0,61	0,06	0,04
REMACHE ALUM POP 4,8*18	0,01	2,00	0,03
SOP. TUBO QUEM	0,71	0,33	0,23
TUERCA LAM RECTA	0,01	4,00	0,04
TOTAL MATERIAL			2,66

Costo no materiales

PIEZAS	CORTE \$		CANT.	COSTO
	STD	\$		
REGULADOR DE AIRE	0,0053	0,05	4	0,20
SOPOR TUBO QUEM	0,0075	0,07	2	0,14
SOPORTE TUBO 3/4	0,0071	0,07	2	0,14
SUBTOTAL				0,48

TUBO 3/4 GAL	STD	\$/HORA	COSTO
CORTE	0,003	3,59	0,01
PRENSAS	0,015	3,13	0,05
SOLDADURA	0,003	2,90	0,01
PULIDO	0,003	2,67	0,01
			0,07
CANT. TUBOS			4
MANO DE OBRA			0,29
TOTAL NO MATERIAL			0,77

SISTEMA DE COMB TUB. DE AL.CON INY. INC.	3,425
SISTEMA DE COMB. TUBO VENTURI	3,431
AHORRO	-0,006

CAPITULO 3

3 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA EN LINEAS DE ENSAMBLES.

Este nuevo sistema de combustión requirió de varios cambios en las líneas de ensambles y en ensambles de sus respectivas partes que lo componen comparado con el anterior sistema de combustión, tales como ubicación de estaciones de subensambles lugar donde se realizan los subensambles de partes y el doblado de las tuberías por medios de dispositivos.

3.1 Ensamblés de Partes.

El ensamble del sistema de combustión de tubería de aluminio con inyector incorporado va ubicado dentro de la caja de quemadores, previamente se requiere realizar los siguientes subensambles.

- Ensamble de tubo de válvulas y válvulas.
- Ensamble de soporte tubo regulador y tubería de aluminio.
- Ensamble de tubo de válvulas y tubería de aluminio.

Ensamble de tubo de válvulas y válvulas.

Las válvulas se ensamblan en el tubo de válvulas por medio de conexión roscada, para esto se utiliza un dispositivo que mantiene al tubo de válvulas fijo, y otro que nos permite sujetar la válvula y roscarla.



Figura 3.1 ENSAMBLE DE TUBO DE VALVULAS Y VALVULAS.

Ensamble de soporte regulador y tubería de aluminio.

Para obtener este ensamble debemos realizar los siguientes pasos:

- Se toma la tubería de aluminio con su respectivo doblez, existen cuatro dobleces diferentes debido a la ubicación dentro de la caja de quemadores.
- Se coloca el soporte tubo regulador en la tubería de aluminio, este está provisto en su base de una perforación tipo "D" que no permite su giro entre el soporte y la tubería y la mantiene en una posición fija.
- Luego se rosca el tubo regulador a la tubería de aluminio manualmente con un ligero apriete de tal manera que permita su desensamble manualmente de la misma forma



FIGURA 3.2 ENSAMBLE DEL SOPORTE REGULADOR Y TUBERIA DE ALUMINIO.

Ensamble de tubo de válvula y soporte con tubería de aluminio.

Una vez obtenido los dos ensambles anteriores se procede a unirlos, la tubería de aluminio con su respectivo soporte y tubo regulador son colocados en la caja de quemadores y se une al tubo de válvulas por medio de una conexión realizada con tuerca y bicono y finalmente es fijado a la cubierta superior por medio de dos tornillos que agarran el soporte tubo regulador y la cubierta.



Figura 3.3 ENSAMBLE DE TUBO DE VALVULAS Y SOPORTE CON TUBERIA DE ALUMINIO.

3.2 Herramientas.

Para obtener un buen ensamble del sistema de combustión con tubería de aluminio es necesario realizarlo con precisión para obtener un buen funcionamiento del mismo y utilizar las herramientas adecuadas para los ajuste en sus partes.

Las herramientas utilizadas en este ensamble son.

Herramientas Neumáticas.

Destornillador neumático.

Se lo utiliza para ajustar los tornillos entre el soporte tubo regulador y la cubierta superior, este permite tener un ajuste de tal manera que no logre desportillar la cubierta que tiene un acabado esmaltado.

Características:

Torque requerido: 5-9 lbs-in.

Modelo ASO28A-9-Q.

RPM 900

Torque 3 – 10 lbs-in.

Longitud 9 in.



FIGURA 3.4 DESTORNILLADO NEUMATICO.

Taladro neumático.

Herramienta utilizada para ensamblar las válvulas en el tubo de válvulas, posteriormente este ensamble es colocado en la caja de quemadores, también se los utilizan para ajustar los pernos de la puerta del horno.

Características:

Torque requerido 15-18 lbs in.

Modelo NR021B-10R 27 Lbs-in

R.p.m. 1000

Longitud 9.9 in.



FIGURA 3.5 TALADRO NEUMATICO

Llaves tipo corona.

En el ensamble de las válvulas se utilizan llaves tipo corona, estos sirven para ajustar la tuerca que sirve de unión entre la válvula y tubería de aluminio.



FIGURA 3.6 LLAVE TIPO CORONA.

3.3 Pruebas de Laboratorio.

Las pruebas de laboratorio son pruebas realizadas al producto para garantizar que cumpla criterios de aceptación, niveles básicos de seguridad y un funcionamiento óptimo establecidos por normas internacionales.

Normas.

Definición

Una norma es en forma general, un documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido a nivel local, industrial, regional, nacional o internacional.

Las normas establecen los requisitos que deben cumplir los artefactos de uso domésticos para cocinar, que usan combustibles gaseosos y están sujetos a los métodos de ensayos para la evaluación y verificación de estos requisitos.

La información que se pueden obtener en las normas es:

- Objeto y campo de aplicación.
- Referencias.
- Definiciones (terminología)
- Requisitos generales.
- Clasificaciones.
- Marcas e indicaciones.

- Especificaciones.
- Procedimientos.
- Métodos de pruebas y medición.
- Manuales y material didáctico.
- Practicas recomendadas.
- Métodos de evaluación y certificación.
- Prácticas de seguridad.
- Reportes técnicos.

El Propósito de la norma es establecer un orden, definir condiciones de intercambiabilidad y compatibilidad a nivel regional, nacional o internacional.

- Definir métodos de evaluación y criterios de aceptación.
- Establecer niveles básicos de seguridad.
- Establecer elementos necesarios para la integración de aplicaciones, productos y servicios entre diversos fabricantes.
- Niveles mínimos de calidad.
- Regular condiciones de competitividad comercial

Las cocinas se comercializan en diferentes países de América y en cada país existen normas a cumplir para su respectiva aprobación e ingreso y posteriormente su libre comercialización, entre estas normas están.

- Colombia NTC 2832-1.
- Venezuela COVENIN 1867-1999.
- México. NOM 023 SCFI 1993.

- Ecuador. NTE INEN. 2 259:2000

Plan de evaluación.

El plan de evaluación nos indica la secuencia de las pruebas que se realizan al producto para verificar la conformidad del mismo aplicando las normas internas o externas.

Pruebas Aplicativas.

Para realizar las pruebas de laboratorio se realiza un plan de pruebas, este nos indica la secuencia a seguir y los puntos de la norma a evaluar tomando como referencia la norma ecuatoriana NTC INEN Para este proyecto que abarca el sistema de combustión aplican los siguientes puntos.

Descripción. Del producto a ensayar.

Marca : Durex, Mabe.

Modelos : CDE24ZBX

EM20SBX

Descripción de la Prueba	Inciso / Norma
Hermeticidad del circuito de gas	7,1,9,1 NTE INEN
Capacidad térmica de los quemadores	6,1,2, NTC 2832
Presiones de Prueba y ajuste de aire primario	9,1,3 NTE INEN
Retroceso de Llama	6,2,1 NTC 2832
Separación de Llama	9,3,6,1 NTE INEN
Operación simultánea de quemadores	9,3,6,1 NTE INEN
Combustión	5.10 COVENIN
Temperatura de superficies	6,1,5,1 NTC 2832

TABLA 3 PRUEBAS APLICATIVAS.

Equipos utilizados.

Las pruebas aplicativas al sistema de combustión considerados por la norma, se los realiza en el laboratorio de pruebas, lugar donde están adecuados los equipos necesarios que se utilizan en los diferentes ensayos de los productos.

Analizador múltiple de gases.

Es un analizador de gases múltiples portátil y digital de alta exactitud, analiza los gases tales como CO, CO₂, NO₂ y O₂.

Marca	:	NOVA.
Modelo	:	376SWP.
Rango	:	0 – 26% O ₂ .
	:	0 – 20% CO ₂
	:	0 – 1999 PPM CO ₂ .
	:	0 – 40 PPM NO ₂ .
División mínima	:	0.1%
Exactitud	:	0.1%.



FIGURA 3.7 ANALIZADOR DE GASES

Flujómetro.

Este instrumento mide el volumen de gas consumido y de manera indirecta tomando el tiempo, podemos obtener el flujo.



FIGURA 3.8 FLUJOMETRO.

Termómetro.

Instrumento que nos sirve para medir la temperatura.



FIGURA 3.8 TERMOMETRO

Campana Colectora de Gases.

Es un dispositivo que sirve para coleccionar los gases de la combustión, se ubica en la parte superior de la cocina y centrado al quemador.



FIGURA 3.10 CAMPANA COLECTORA DE GASES.

Resultados.

Titulo: evaluación prototipos D.C Cotopaxi.

Material de prueba:

Cocina de 24"

Marca Durex

Modelo CDE24ZBX.

Muestra 20013601

Gas L.P

Cocina de 20"

Marca MABE

Modelo EM20SBX

Muestra 20013602

Objetivo.

Evaluar prototipos cocinas en la etapa confirmación del diseño (D.C.) conforme a las normas NTE INEN (Ecuador), NTC 2832-1 (Colombia), COVENIN 1867-1999 (Venezuela) y alternativamente a NOM 023 SCFI 1993, de acuerdo al plan de evaluación definido por ingeniería y aceptado por el laboratorio, con el fin de establecer las correcciones y cambios que sean necesarios para el diseño.

Hermeticidad del circuito de gas.

Esta prueba se realiza conectando el flujómetro en serie con la red de gas y el tubo de válvulas donde se inicia la entrada del combustible al sistema, tenemos como medida un valor que fluctúa entre 4 y 14 cm³/h, y estos valores están dentro de los permitidos por norma que es de 100 cm³/h.

Capacidad térmica de los quemadores.

Se realizaron los cálculos de las capacidades térmicas de los quemadores, tomando los diámetros de los inyectores de 0.7 mm para el quemador de 3" y 0.8 mm para el quemador de 4" de diámetro.

Utilizando la fórmula (7y 5) tenemos

$$Q_t = V \times PC^*$$

$$V = \frac{11}{10^3} k d^2 \sqrt{\frac{h}{d(rel)}}$$

Para quemador de 3" tenemos:

$$k = 0.8$$

$$d = 0.7 \text{ mm.}$$

$$h = 11 \text{ in } H_2O = 279.4 \text{ mm } H_2O$$

$$d(rel) = 1.65$$

$$V = 0.05611 \text{ m}^3/\text{h} = 1.9814 \text{ ft}^3/\text{h}$$

$$PC^* = 2668 \text{ Btu/ft}^3$$

$$Q_t = 5286.6 \text{ Btu/h}$$

Para quemador de 4" tenemos:

$$k = 0.8$$

$$d = 0.8 \text{ mm.}$$

$$h = 11 \text{ in } H_2O = 279.4 \text{ mm } H_2O$$

$$d(rel) = 1.65$$

$$V = 0.07328 \text{ m}^3/\text{h} = 2.5880 \text{ ft}^3/\text{h}$$

$$PC^* = 2668 \text{ Btu/ft}^3$$

$$Q_t = 6904.9 \text{ Btu/h}$$

Dimensión del Quemador	Potencia suministrada (teórico) Btu/h	Potencia Quemador (Labor.) Btu/h	Variación %
3"	5286	4996	5,8
4"	6904	7225	4,4

TABLA 4 CAPACIDAD TERMICA DE LOS QUEMADORES.

Presiones de prueba y ajuste de aire primario.

La presión utilizada en estos equipos es de 11" de H₂O y los ajustes en la regulación de aire primario son de:

Quemador de 3"	75%
Quemador de 4"	100%

Retroceso de llama.

No se presentan retroceso de llama y mantiene una llama estable.

Separación de llama.

No se presenta separación de llama en las dos posiciones fija de la válvula.

Operación simultánea de los quemadores.

Los quemadores presentan una buena estabilidad de llama con el encendido de los quemadores del horno.

Temperatura de superficie

Las temperaturas de las superficies, obtenidas en las partes que involucra el cambio de sistema son:

Componentes	Temp. °C (real)	Temp. °C (norma)
Perillas	60,60	127
Frente perillas	90,17	92
Manija	48,00	127
puerta	98,00	107

TABLA 5 TEMPERATURAS DE SUPERFICIES.

Análisis de resultados

Los valores obtenidos en la primera prueba, hermeticidad del circuito de gas están dentro de especificaciones de norma, los valores de fuga varían entre 4 y 14 cm³/h, lo que determina que el sistema presenta buen sello en sus partes.

Los valores de capacidad térmica obtenidos están dentro de los valores, según norma NTC 2832-1 numeral 6.1.2.1 la variación no debe ser mayor que el 10%, tenemos valores de 5.8 y 4.4 %.

Combustión.

El contenido de monóxido de carbono en los quemadores de cubierta con parrillas según diseño original (altura 21 mm) es de 1047 ppm en promedio, en las normas COVENIN 1867:1999 numeral 5.1 establece un valor de 800 ppm como máximo. Se diseñaron dos

parrillas superiores con una altura de 28.3 mm con lo cual se superó la no conformidad, y respecto a las temperaturas de superficies los valores obtenidos están dentro de especificaciones de norma
Ver resultados en apéndice D

3.4 Evaluación General de los Problemas Encontrados.

El implementar este nuevo sistema de combustión con inyector incorporado implicaron varios cambios en la parte logística que abarca desde la adquisición de materia prima hasta el ensamble del mismo dentro de los puntos encontrados en este sistema tenemos.

- La adquisición de materiales. Este producto fue desarrollado por un proveedor externo por lo que implica que realicen pedidos de compra con 45 días de anticipación a la producción lo que no permite tener una variación o incremento al programa de producción establecido en el mes. Para solucionar este abastecimiento por parte del proveedor se estableció realizar pedidos de compra de estos componentes con un incremento del 20% a la proyección y aceptar una revisión del programa de producción que este dentro de este porcentaje de incremento.
- La implantación de este sistema de combustión requirió de una capacitación a los operarios para el correcto ensamble de esta parte cuyas características es de ser un sistema flexible

compuesto por tuberías de aluminio, el tiempo de aprendizaje adquirido por los operarios fue mayor al establecido por el estudio de métodos y tiempos este ocasionó un retraso en la introducción de este sistema y también al programa de producción.

- De las pruebas preliminares de laboratorio realizados a los primeros productos no hubo satisfacción en los resultados por encontrarse una mayor concentración de los productos de la combustión a los establecidos por las normas, esto implicó una revisión al diseño en la altura de las parrillas superiores e implicó un nuevo ajuste al diseño del capelo.
- Se presentó fuga de gas en el ensamble entre la tubería de aluminio y el tubo de válvulas en la conexión tipo tuerca bicono, el material del bicono utilizado inicialmente era de latón este material no permite el movimiento de la tubería de aluminio la misma que antes de su ensamble final se encuentra en cantilever y al ubicarlo en la cubierta se le realiza un ligero movimiento y se producía la fuga, se cambió el material de este bicono a caucho este nos permite un mejor ajuste y sello entre estas partes

CAPITULO 4.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

En el desarrollo de este proyecto se han obtenidos los resultados y de sus análisis se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1. El sistema de tubería con inyector incorporado implantado en el producto presenta buenos resultados lo que determina que tiene buen funcionamiento como sistema de combustión esto lo muestran los valores obtenidos en el cálculo de la capacidad térmica de los quemadores, también presenta buena confiabilidad.
2. El sistema de tubería con inyector incorporado tiene buena adaptabilidad por lo que es ajustable al más exigente diseño curvilíneo utilizados en los nuevos diseños de la actualidad, sin

requerir inversiones en desarrollo de nuevas herramientas para su utilización, esta propiedad lo obtiene por estar formado por tuberías de aluminio que tienen buena ductilidad.

3. Mejora la durabilidad del sistema de combustión, el sistema de tubería de aluminio con inyector incorporado implementado tiene como material principal el aluminio, desde las válvulas con una aleación de aluminio y zinc, tuberías principales, tubos mezcladores y quemadores. Este material presenta una mejor resistencia a la corrosión en comparación con el acero galvanizado utilizado anteriormente.
4. Este sistema posee un fácil ensamble, considerado por el diseño desde las válvulas hasta los quemadores, mejorando el centramiento del quemador al tubo regulador y la cubierta superior y eliminando las fugas por centramiento inconveniente que presentaba en el sistema anterior.
5. Se mejora la calidad del sistema de combustión.
Calidad de llama.
Separación de llama.

6. Del análisis de costo del sistema de tubería de aluminio no existe un incremento considerable que afecte al valor contribuido del producto y por lo tanto al costo de venta del producto.

7. De los productos realizados en la prueba piloto y ubicados como pruebas de campo en diferentes lugares de la provincia del Guayas no se detectaron problemas de funcionamiento en el sistema de combustión, las fallas de componentes fueron localizadas en el capelo y puerta de horno.

8. Los conocimientos adquiridos por las diferentes materias dictadas en la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción fueron básicos y suficientes para el desarrollo de este proyectos en el que se aplicaron conocimientos de fluidos termodinámica y dibujo mecánico

4.2 Recomendaciones

Varios de los procesos requieren de acciones correctivas para implantar el sistema de combustión de tubería con inyector incorporado, varios de estos procesos deben realizarse con un estudio más a detalle de ingeniería industrial y requieren de mucho más tiempo en su implantación sin embargo hay otros procesos que pueden implantarse con un periodo de tiempo corto, anotaremos las recomendaciones que deben realizarse para que el sistema tenga un buen funcionamiento en su totalidad.

1. Terminar de implantar los equipos atq estos equipos sirven para detectar las fugas de combustible dentro del sistema de combustión.
2. Mejorar los dispositivos de doblado para las tuberías de aluminio con inyector incorporado, actualmente se utilizan dispositivos de doblado no tan eficientes y en algunos casos estrangulan la tubería ocasionando, problemas en el flujo de combustible.
3. Modificar las parrillas superiores en la altura para pasar las pruebas de combustión. Se realizaron pruebas con parrillas de

una nueva altura a 28.3 donde los resultados de combustión se encuentran dentro de parámetro exigidos por la norma. Realizar los cambios a las piezas que incluyen esta modificación.

4. Para realizar las certificaciones al producto se realizan las evaluaciones aplicando las normas según el país donde se comercialice, actualmente el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN que emite este certificado, no tiene un laboratorio para desarrollar las evaluaciones al producto, es recomendable que se desarrolle o se implanten laboratorios acreditados que puedan dar este servicio agilizando las certificaciones y el mejorando el tiempo de entrega del producto al cliente.

APENDICE A
LIMITES DE INFLAMABILIDAD.

Mezcla	Propagación	Porcentaje de combustible		Fracción Estequimétrica	
		Inferior	Superior	Inferior	Superior
Metano Aire	Ascendente	5,35	14,85	0,54	1,50
	Horizontal	5,40	13,95	0,54	1,40
	Descendente	5,95	13,35	0,60	1,40
Etano Aire	Ascendente	3,12	14,95	0,54	2,60
	Horizontal	3,15	12,85	0,54	2,30
	Descendente	3,26	10,15	0,56	1,90
Pentano Aire	Ascendente	1,42	8,00	0,55	3,00
	Horizontal	1,44	7,45	0,56	3,20
	Descendente	1,48	4,64	0,57	1,90
Benceno Aire	Ascendente	1,45	7,45	0,53	2,80
	Horizontal	1,46	6,65	0,53	2,50
	Descendente	1,48	5,55	0,54	2,10

APENDICE B

TABLAS PARA CALCULAR DIAMETROS DE INYECTORES.

CAPACIDADES PARA ORIFICIOS EN 10" Y 11" W.C. PRESION				
Gas Propano	1,52 Sp. Gr.,	2440 Btu/ft3		
Gas Butano	2,00 Sp. Gr.,	3200 Btu/ft3		
	BTH/H			
Medida de orificio	Propano		Butano	
	10"	11"	10"	11"
0,004"	113,00	118	126	132
0,005"	192,00	201	215	225
0,006"	257,00	270	288	302
0,007"	372,00	390	417	437
0,008"	461,00	484	517	542
0,009"	610,00	640	684	717
0,010"	708,00	743	793	832
0,011"	892,00	936	999	1048
0,0115"	957,00	1004	1070	1124
0,012	1,03	1080	1150	1210
0,0125	1,17	1230	1310	1380
0,013	1,24	1305	1390	1460
80	1,29	1350	1440	1510
79	1,50	1570	1670	1760
78	1,81	1900	2030	2130
77	2,29	2400	2560	2690
76	2,91	3050	3260	3420
75	3,19	3350	3575	3750
74	3,72	3900	4170	4370
73	4,20	4400	4700	4930
72	4,58	4800	5130	5380
71	4,94	5180	5530	5800
70	5,73	6010	6420	6730
69	6,24	6540	6990	7330
68	7,02	7360	7860	8240

Medida de orificio	BTH/H			
	Propano		Butano	
	10"	11"	10"	11"
67	7475,00	7840	8370	8780
66	7950,00	8340	8905	9340
65	8960,00	9400	10000	10530
64	9460,00	9920	10600	11110
63	10000,00	10500	11200	11760
62	10600,00	11100	11850	12430
61	11100,00	11650	12400	13050
60	11600,00	12200	13000	13660
59	12300,00	12900	13800	14450
58	12900,00	13500	14400	15120
57	13500,00	14200	15200	15900
56	15800,00	16600	17700	18590
55	19700,00	20700	22100	23180
54	22100,00	23200	24800	25980
53	25800,00	27100	28900	30350
52	29500,00	30900	33000	34610
51	32800,00	34400	36700	38530
50	35850,00	37600	40100	42100
49	39020,00	40920	43640	45820
48	42280,00	44340	47290	49650
47	45070,00	47270	50410	52930
46	47960,00	50300	53640	56320
45	49170,00	51570	54990	57740
44	54100,00	56740	60510	63530

AREAS DE ORIFICIOS Y DIAMETROS PARA GALGAS DE ORIFICIOS					
GALGAS DE ORIFICIOS	EQUIVALENTE EN PULGADAS	AREA DE ORIFICIOS PULG.2	GALGAS DE ORIFICIOS	EQUIVALENTE EN PULGADAS	AREA DE ORIFICIOS PULG.2
0,004"	0,004	0,0000126	62	0,0380	0,001134
0,005"	0,005	0,0000196	61	0,0390	0,001195
0,006"	0,006	0,0000283	60	0,0400	0,001257
0,007"	0,007	0,0000385	59	0,0410	0,001320
0,008"	0,008	0,0000503	58	0,0420	0,001385
0,009"	0,009	0,0000636	57	0,0430	0,001452
0,010"	0,01	0,0000785	56	0,0465	0,001698
0,011"	0,011	0,000095	55	0,0520	0,002120
0,0115"	0,0115	0,0001039	54	0,0550	0,002380
0,012"	0,012	0,0001131	53	0,0595	0,002780
0,0125"	0,0125	0,0001227	52	0,0635	0,003170
0,013"	0,013	0,0001327	51	0,0670	0,003530
80	0,0135	0,000143	50	0,0700	0,003850
79	0,0145	0,000165	49	0,0730	0,004190
78	0,016	0,000201	48	0,0760	0,004540
77	0,018	0,000254	47	0,0785	0,004840
76	0,02	0,000314	46	0,0810	0,005150
75	0,021	0,000346	45	0,0820	0,005280
74	0,0225	0,000398	44	0,0860	0,005810
73	0,024	0,000452	43	0,0890	0,006220
72	0,025	0,000491	42	0,0935	0,006870
71	0,026	0,000531	41	0,0960	0,007240
70	0,028	0,000616	40	0,0980	0,007540
69	0,0292	0,00067	39	0,0995	0,007780
68	0,031	0,000755	38	0,1015	0,008090
67	0,032	0,000804	37	0,1040	0,008490
66	0,033	0,000855	36	0,1065	0,008910
65	0,035	0,000962	35	0,1100	0,009500
64	0,036	0,001018	34	0,1110	0,009680
63	0,037	0,001075	33	0,1130	0,010030

APENDICE C

**DESCRIPCION DE LOS INCISOS DE LA NORMA TECNICA
ECUATORIANA.**

APENDICE D

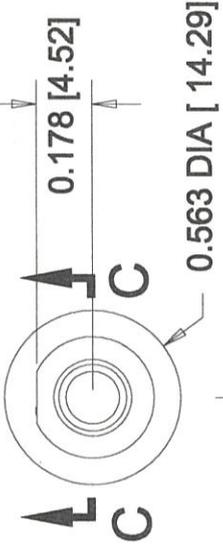
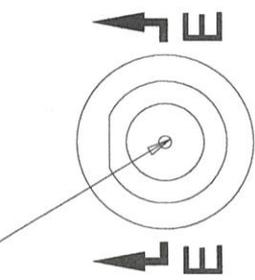
RESULTADOS DE EVALUACION SEGÚN NORMA

PRUEBA	CDE24ZBX	EM20SBX	
Fuga de gas	Cumple	Cumple	9,3,4,3 N INEN
Capacidad térmica	QDI= 4764 Kj/h QTI= 7623 Kj/h QDD= 5653 Kj/h QTD= 5240 Kj/h		6,1,2 NTC 2832
Presiones de prueba y ajuste quemadores	Cumple	Cumple	9,1,3 NTE INEN
Fuga de gas a través del quemador	Cumple	Cumple	NON 023 SCFI 5,7,5
Regreso de flama	Cumple	Cumple	NON 023 SCFI 5,7,2
Estabilidad de flama	cumple, mantiene la flama en las 3 presiones	cumple, mantiene la flama en las 3 presiones	NTE
Operación simultánea de quemadores	Cumple	Cumple	9,3,6,1 INEN
Niveles de combustión	QDI= 448 PPM QTI= 604 PPM QDD= 232 PPM QTD= 204 PPM	QDI= 360 PPM QTI= 596 PPM QDD= 429 PPM QTD= 347 PPM	VEN

ROSCA INTERNA
12-28 UNF 2B

0.005 [0.13]	A
--------------	---

DIAM "D"
[VER TABLA]



2.59 [65.7]

0.178 [4.52]

0.563 DIA [14.29]

ROSCA EXTERNA
7/16-20 UNF 2A

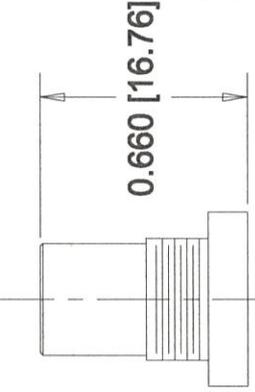
0.005 [0.13]	B
--------------	---

0.005 [0.13]	A
--------------	---

0.125 [3.18]

$0.029^{+0.001}_{-0.003}$ [$0.73^{+0.02}_{-0.07}$]

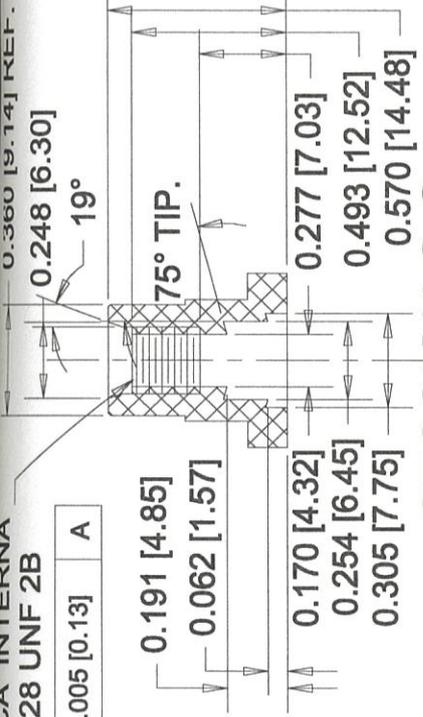
PT 1



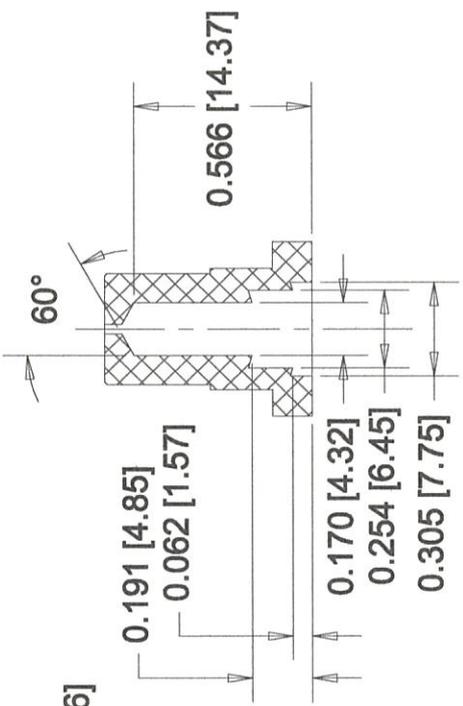
PT 2 3 4



CIB - ESPOL



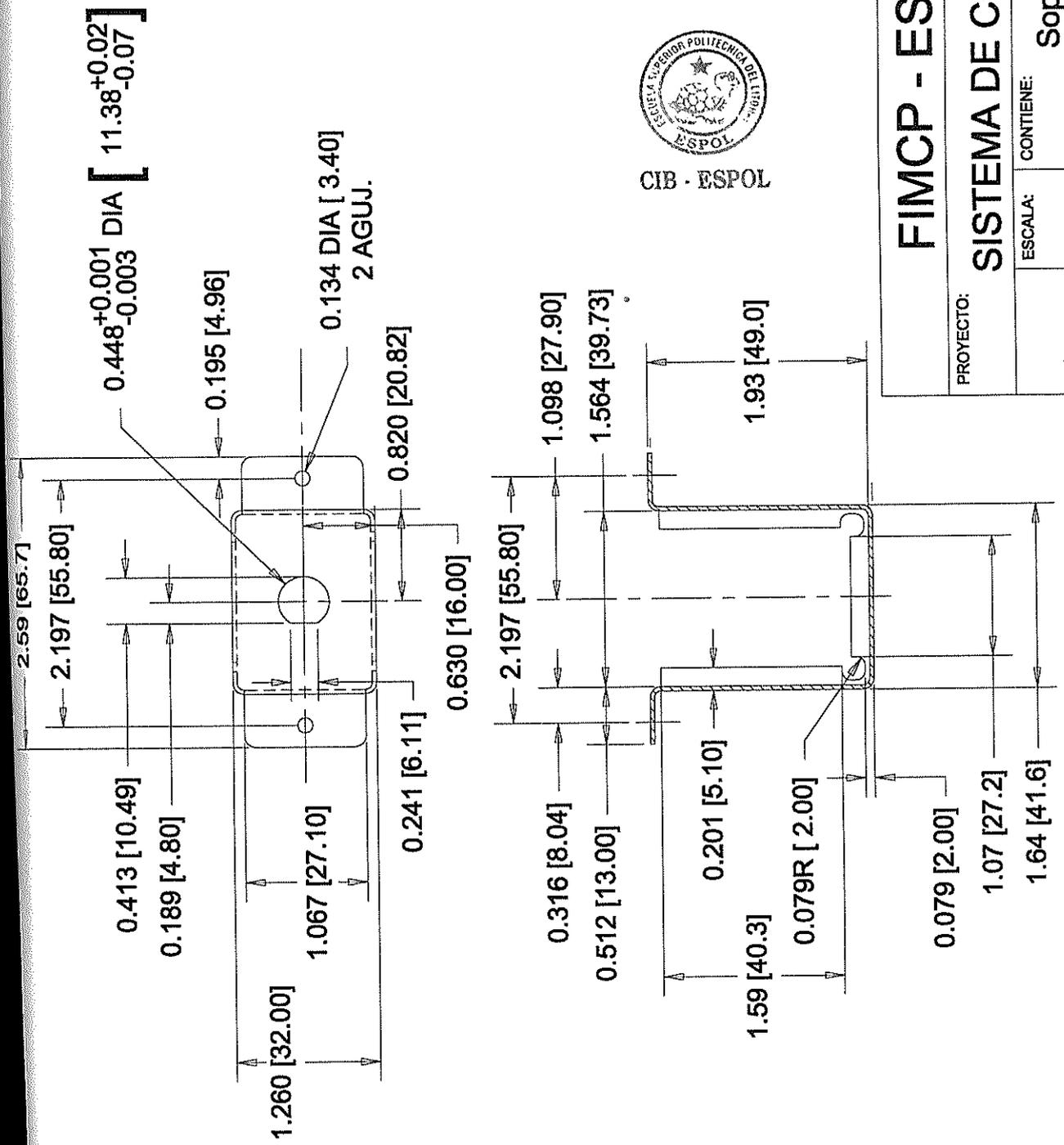
SECCION C-C



SECCION E-E

FECHA		NOMBRE
Dibujo	26/10/02	D. Vera
Revisó	26/10/02	Ing. Martinez
PLANO N°: 1		
PROYECTO: FIM MCP - ESPOL		
SISTEMA DE COMBUSTION		
ESCALA:	CONTIENE:	
3 - 2	Miniconector	
MATERIAL:		MASA (Kg)
Barro de Aluminio eleccion 2011 T-8		

PT	DIAM "D"
001	N / A
002	0.025 [0.64]
003	0.027 [0.70]



Notas.

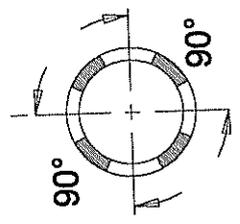
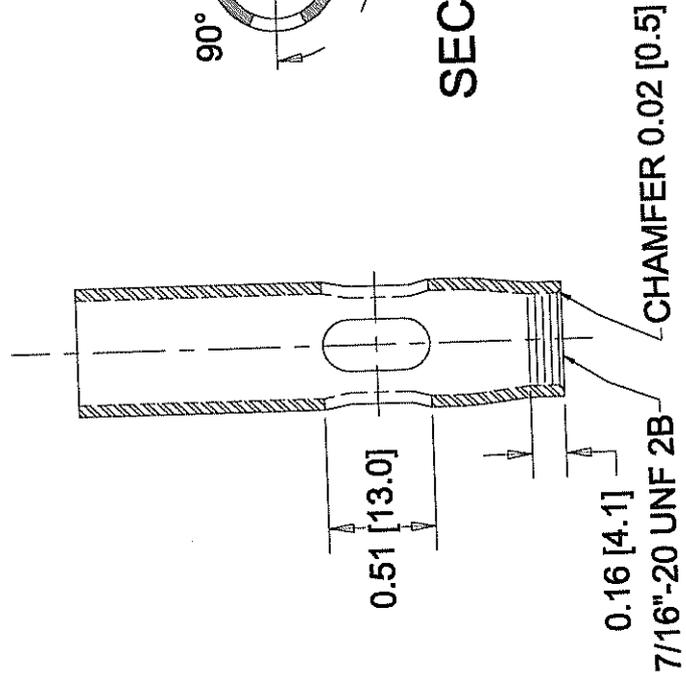
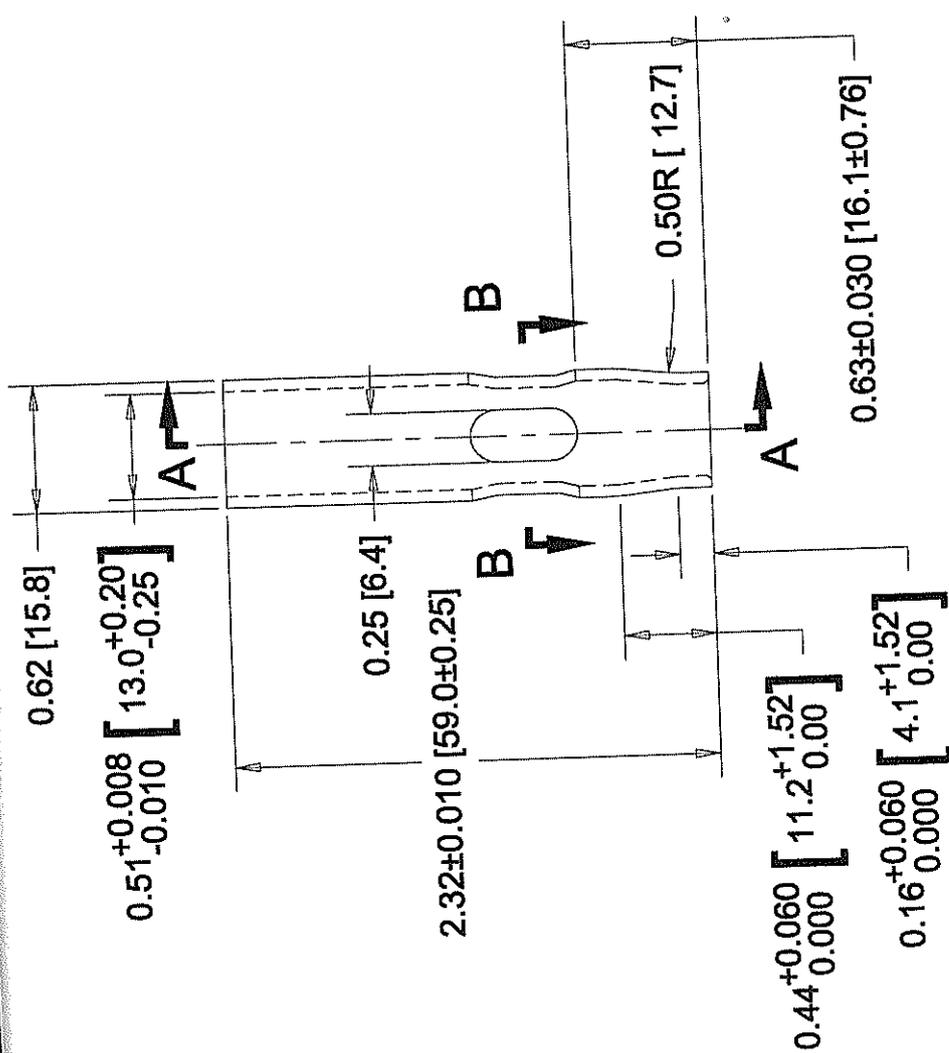
1.- Toda expresion entre corchetes esta en mm



FECHA		NOMBRE
Dibujo	28/10/02	D. Vera
Revisó	28/10/02	Ing. Martinez
PLANO N°:		
2		
FIMCP - ESPOL		
SISTEMA DE COMBUSTION		
PROYECTO:	CONTIENE:	MATERIAL:
ESCALA:	Soporte Tubo Regulador	Acero mecanizado C-20 0.05mm
	2-3	MASA (Kg)

Notas.

1.- Toda expresion entre corchetes esta en mm



SECCION B-B

SECCION A-A



CIB - ESPOL

FECHA		NOMBRE	
Dibujo	26/10/02	D. Vera	
Revisó	26/10/02	Ing. Martinez	
PLANO N°:			
3			
PROYECTO:			
FIMCP - ESPOL			
SISTEMA DE COMBUSTION			
ESCALA:	CONTIENE:		
2:3	Tubo Regulador		
MATERIAL:		MASA (Kg)	
Aluminio 6063-T5			

BIBLIOGRAFIA

1. GIULIANO SALVI, La Combustión: Teoría y Aplicaciones, Dossat, 2^{da} edición, Madrid 1975, pp 483 – 509.
2. INCOTEC, Norma Técnica Colombiana NTC 2832-1, pp 38 – 39.
3. INEM, Norma NT INEM 2 259, pp 21, 22, 40, 41, 1999.
4. MABE, Fundamentals of Gas Combustion, Tecnología y Desarrollo, Querétaro - México.
5. OBERT y GAGGLIOLI, Termodinámica, Mc Graw-Hill, 2^{da} edición, New York, 1965, pp 565, 582.
6. VERA DIDIMO, “Implantación del Sistema de Combustión Tubería con Inyector Incorporado en una Cocinas a Gas Realizado en la Empresa Mabe Ecuador” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002).