

Trabajo Práctico N° 3:

Tema: Generación de vapor, accesorios y calderas

humotubulares

Calderas humotubulares

En estas calderas, para aprovechar el calor de la combustión, los gases están obligados a circular por un haz de tubos de diámetro pequeño sumergidos en el agua. (fig. 1)

Se observa en la fig. 2 que los gases se mueven, en parte de los tubos, en sentido contrario al que tienen en el hogar, de ahí el nombre de calderas con retorno de llama. Este movimiento de retorno provoca turbulencias en la masa gaseosa asegurando combustión completa antes que los gases penetren en el haz tubular, mejorando el rendimiento de la combustión.

Al comparar las calderas acuotubulares con las humotubulares se observa que éstas últimas, al ser la superficie de calefacción mucho mayor la distribución del calor en la masa de agua será más uniforme, mejorando su rendimiento.

Las calderas humotubulares pueden clasificarse en:

- *Calderas horizontales de hogar exterior*
- *Calderas horizontales de hogar interior*

- *Calderas verticales.*

Calderas horizontales humotubulares de hogar exterior

En la fig. 2 se muestra una caldera de este tipo, que pertenece a las de retorno de llama. Para poder instalar mayor número de tubos habrá que aumentar la limitación en la capacidad incrementando el diámetro del cuerpo cilíndrico y, por lo tanto, para igual presión tendrán que utilizarse chapas de mayor espesor, pero si son muy espesas, se deterioran por el recalentamiento que sufren y por la cristalización.

En la práctica, el diámetro máximo de éstas calderas es de 2500 mm y 19 mm (3/4) el espesor máximo de chapa mientras que el diámetro de los tubos varía entre 10 y 50 mm.

La mayoría de éstas calderas se las construyen para suministrar vapor saturado, pero en algunos casos se las usa para generar vapor sobrecalentado, con el correspondiente sobrecalentador.

Se las usa en plantas de calefacción para grandes edificios y fábricas y para la producción de vapor para procesos y generación de energía en pequeñas plantas industriales.

Su capacidad es de 450 hasta 7000 kg de vapor por hora con presiones de hasta 17 kg/cm² y alrededor de 85 °C de sobrecalentamiento. La vaporización específica es de hasta 33 kg/m² h.

En la fig. 3 se ve como varía el rendimiento según el combustible quemado. Los ejemplos de éstas calderas son la Nuway y la economic premier.

Calderas horizontales humotubulares de hogar interior

Esta caldera también llamada escocesa, es compacta, con el tubo de fuego instalado en el cuerpo cilíndrico (fig. 4 y 5).

Se trata de calderas que se pueden trasladar con facilidad de un lugar a otro, e instalar con rapidez porque no requiere mampostería. Se adaptan bien para ser instaladas en lugares reducidos.

Se ha demostrado que funcionan en forma aceptable con aguas con concentración de sólidos relativamente elevada, porque estos se acumulan en la parte baja de la unidad y se eliminan fácilmente.

El tubo de fuego está totalmente rodeado de agua y constituye una superficie eficiente de absorción de calor. No se producen infiltraciones de aire del exterior al hogar. Estas calderas se fabrican para fines estacionarios y marinos. Ej.:

- *Caldera escocesa de tipo estacionario*

Se clasifican en, de fondo seco (fig. 4) y de fondo húmedo (fig. 5). En las de fondo seco la cámara de humo posterior, revestida con ladrillos refractarios, esta agrega al cuerpo cilíndrico y al no estar sometida a la presión del vapor. Su construcción es sencilla y bastante barata.

En el otro tipo, la cámara de humos, está en el interior del cuerpo cilíndrico de la caldera y está rodeada de agua. La presión de funcionamiento está limitada a 17 kg/cm² la capacidad es de 450 a 650 kg/h de vapor.

- *Caldera escocesa del tipo marino*

En esta caldera, fig. 6, la caja de humo está rodeada de agua en su totalidad y por lo tanto, no requiere mampostería.

Se han construido con diámetros de hasta 6 m pero los diámetros más usuales eran de 3 a 4.5 m y largos de 2 a 3 m.

El nivel de agua debía ser tal que, a pesar de los movimientos de la nave, no se descubriera la parte superior de la cámara de humos.

- *Caldera tipo locomotora*

Como se observa en la fig. 7, esta construida por un cuerpo cilíndrico largo con respecto a su diámetro. El hogar interno a caldera, llamada caja de fuego, es de forma rectangular.

Las paredes laterales del hogar y las de la caldera que las enfrentan son planas. Para evitar que se doblen por la presión del vapor, ambas chapas se unen entre sí con virutillas (fig. 7 y 8).

Actualmente el fondo de la caldera, del lado de la puerta del hogar se dispone ligeramente inclinado, pues de esa forma se mejora la transmisión del calor, al no permitir que las burbujas de vapor queden adheridas a ellas (fig. 7).

Las parrillas se instalan inclinadas hacia delante (fig. 7) y a veces la sección del emparrillado pueden moverse a mano desde la cabina del maquinista, para sacar las escorias.

Para mejorar la combustión puede instalarse una bóveda (fig. 11) que arranca de la placa tubular y suele prolongarse hasta la mitad del hogar, su objetivo es provocar turbulencias en los gases para mejorar la combustión y evitar que las llamas choquen contra la placa tubular y dañándola. Al comparar las fig. 10 y 11 se ve la diferencia en el recorrido de la llama y de los gases.

El haz de los tubos corre desde la placa tubular del hogar hasta la caja de humo. En esta caja está la chimenea y los conductos que llevan el vapor que escapan a los cilindros.

El haz tubular se compone de tubos de dos diámetros distintos, en los más grandes, fig. 7, se instalan los tubos sobrecalentadores, los demás sirven para la circulación de los gases.

Este tipo de calderas, por su paso reducido y su aptitud para resistir las vibraciones se emplea principalmente para locomotoras y en las locomóviles.

Las calderas de las locomotoras se proveen de un domo en el que se aumenta el volumen de la cámara de vapor, y al instalar en él la toma de vapor, está se encuentra más alejada del nivel del agua, obteniéndose así vapor más seco.

Las ventajas son:

- Son de construcción compacta, por lo cual se adapta a las instalaciones móviles.
- Ausencia casi completa de mano de obra de mampostería que reduce el costo de instalación y facilita el transporte.
- El cambio de tubos no ofrece dificultades.
- Habiendo sólo dos medidas de tubos no resulta difícil que el depósito tenga su respectiva reserva.
- Razonablemente económica.

Inconvenientes:

- Circulación deficiente del agua.
- Muchas partes difíciles de limpiar, provocándose corrosiones.
- Se adapta difícilmente al cambio de combustible.
- En ciertas condiciones las chapas de la caja de fuego, se doblan por la acción del calor.
- La presión está limitada por su construcción misma (paredes planas).
- No pueden soportar cargas elevadas sin que las chapas se recalientan.

Calderas verticales humotubulares

En las fig. 12 y 13 se han representado dos de estas calderas. Se utilizan, en general, para alimentar máquinas de pequeña potencia y donde el espacio en planta es reducido.

Se construyen con presiones máximas de 15 kg/cm². La de la fig. 12 es del tipo de tubos no sumergidos en los extremos superiores, el inconveniente de esta disposición es el recalentamiento de la placa tubular superior y de la parte de los tubos, produciéndose fugas de vapor en la unión de estos últimos con esa placa.

En la fig. 13 se suprimen dichos inconvenientes, se trata del tipo de placa y tubos totalmente sumergidos y en este caso sólo se recalienta parte del conducto de humos.

Ventajas:

- Costo relativamente bajo.
- Puesta en marcha rápida.
- Ocupa poco espacio.
- Se transporta fácilmente.
- No requiere mampostería.
- Como los tubos son todos iguales, basta tener en el depósito una medida.

Inconvenientes:

- Circulación lenta y defectuosa.
- La superficie libre de evacuación es pequeña.
- Cuando se pretende forzar la producción de vapor se deteriora la placa tubular inferior.
- Como su contenido de agua es pequeño, en relación con la producción de vapor, debe conducírsela con cuidado para evitar explosiones.
- La extracción de los barros, que se depositan en la doble pared que rodea al hogar, es dificultosa.

Caldera Cochran

Se trata de una caldera vertical tubos de humo horizontales (fig. 14). Es una unidad de tres pasos para quemar petróleo y que se fabrican en una serie que cubre desde 800 a 4000 kg/h de vapor y 100 °C.

Las mejoras introducidas con respecto a los modelos anteriores, permiten obtener rendimientos superiores al 80 % a plena carga, referido al poder calorífico inferior del combustible.

La caja de fuego está constituida por un cuerpo de acero pesado, su forma es la más conveniente para la absorción de del calor radiante.

Al abandonar la caja de fuego, los gases chocan contra la pared de ladrillos refractarios que acumulan suficiente calor para que la combustión de los gases sea completa. Estas calderas también se fabrican para quemar otros combustibles además del petróleo.

En el caso de carbón o petróleo, las fundaciones son sencillas, mientras que si se desea quemar leña, es necesario una cámara de combustión de mayor diámetro que el de la caldera, debiendo disponer de una parrilla exterior de gran superficie con su correspondiente cámara, con pared de ladrillos refractarios sobre la que se apoya la caldera, en forma tal que los gases calientes estén dirigidos contra la superficie esférica de la caja de fuego.

En esta disposición el rendimiento disminuye, pues la cantidad de calor absorbida se reduce sensiblemente.

Calderas tipo paquete humotubulares

Se entiende caldera tipo paquete a una caldera que se entrega totalmente armada y equipada con accesorios, el sistema de combustión y controles automáticos.

Se construyen con el hogar interior y de uno a cuatro pasos. El diámetro máximo de un cuerpo es aproximadamente 2.5 m y la presión máxima 42 kg/cm².

En la fig. 15 se ha representado una caldera paquete de cuatro pasos para quemar petróleo, los gases que se producen en el tubo de llama pasan a la caja de humo, protegida por ladrillos refractarios, donde invierten la dirección de su movimiento para introducirse en los tubos de humo y seguir el recorrido indicado por las flechas.

Para facilitar el mantenimiento de estas unidades los fabricantes ofrecen una construcción donde toda la cámara posterior de la caldera, puede retirarse en la forma que se indica en la fig. 16.

Accesorios

Los accesorios son indispensables para la seguridad, para la economía y para la comodidad. Los accesorios externos incluyen los indicadores de nivel y grifos de prueba, drenes y válvulas de purga (de la superficie y

del fondo), válvulas de seguridad o de alivio, grifos de ventilación (purga de aire) y trampas de vapor, conexiones para muestras de agua, válvulas de retención (protección contra retroceso), tapones fusibles, silbatos, sopladores de hollín e inyectores de aire por encima del fuego.

Entre los accesorios de medición de para el control de las condiciones de operación de la caldera, están incluidos los manómetros, indicadores del nivel de agua, termómetros, medidores de caudal para vapor y aparatos de alarma.

Sobrecalentadores de vapor

Los Sobrecalentadores o llamados también indistintamente recalentadores de vapor, son elementos que permiten elevar la temperatura del vapor producido dentro de la caldera, manteniendo constantemente la presión del mismo; transforman el vapor saturado en vapor recalentado haciendo disminuir el peligro de que esté se condense dentro de la máquina, ya que el vapor que llega a la fuente de consumo lo hace en estado más seco. Mediante el empleo de recalentadores, se puede llevar la temperatura del vapor hasta 350 °C aproximadamente.

Los sobrecalentadores son de acero dulce, cuando la temperatura de recalentamiento no es superior a los 450 °C, para temperaturas comprendidas entre 450 y 475 °C, se usa acero dulce, al que se le agrega 0.5 % de molibdeno, para mayores temperaturas, se utilizan aleaciones de acero con bajo contenido de carbono, ya que este tipo de acero permite efectuar las soldaduras necesarias, sin necesidad de efectuar un precalentamiento previo del tubo.

Existen dos tipos de recalentadores, el de radiación y el de convección. El primer tipo, el elemento calefactor lo constituye el calor radiado por la combustión. En el segundo caso, son los gases de combustión son los que ceden calor al vapor.

Economizadores

Los economizadores son serpentines en donde se calienta el agua que va a ingresar a la caldera, utilizando como elemento calefactor a los mismos gases de combustión.

Al ser mayor la temperatura del agua que ingresa la caldera, menor será la cantidad de calor necesaria para producir su vaporización. Además al darle una mayor utilización a los gases de combustión, se consigue aumentar el rendimiento de la caldera.

Los economizadores se clasifican en:

- *Integral,*
- *tipo accesible,*
- *de tubo continuo*
- *y de prevaporización.*

Economizador integral

Se emplean únicamente en las calderas acuotubulares de tubos curvados, y están constituidos por un haz semejante a los de la caldera, que se instalan en el último paso de convección.

En estos economizadores el agua circula a baja velocidad debido al gran número de circuitos paralelos, por lo tanto la caída de presión del agua es pequeña. De ahí que no exista una circulación positiva del líquido ni una buena distribución del mismo.

Economizador interior o exterior

Se denomina economizador de exterior porque constituye una unidad no cerrada de la caldera y está soportando independientemente (fig. 17).

En cambio el economizador de interior está instalado en la armadura de la caldera, directamente debajo de uno de sus domos y suspendido del mismo.

Economizadores del tipo accesible

En estos tipos de aparatos la unión entre dos tubos se efectúa por medio de codos con bridas (fig. 18 y 19) que una vez retirados, permiten efectuar la limpieza interior de los tubos. Se utilizan en los casos que el agua de alimentación, por no ser de la calidad requerida, produce incrustaciones y otros depósitos en los tubos.

Economizadores del tipo de tubo continuo

En este caso no existe acceso al interior de los tubos, utilizándose, por lo tanto, dicho modelo cuando el agua de alimentación es buena calidad no forma depósitos ni incrustaciones.

Economizador de prevaporización

En estos aparatos primero se calienta el agua hasta la temperatura de saturación del vapor, luego una parte de la misma se vaporiza en su recorrido final.

El diseño del economizador-vaporizador debe asegurar el desplazamiento efectivo del vapor hacia la caldera, lo que se obtiene adoptando velocidades apropiadas del agua una unión amplia con la caldera.

Precalentadores de aire

El objeto de los precalentadores de aire es calentar el aire que se envía al hogar para la combustión, aprovechando parte del calor contenido en los humos antes que éstos lleguen a la chimenea. El calor así recuperado, que vuelve al hogar, representa economía del combustible y le aumento del rendimiento de la caldera.

Las ventajas son:

- *Aprovechamiento de calor que en otra forma se perdería, lo que significaría aumento del rendimiento de la unidad generadora de vapor.*
- *La combustión es más completa.*
- *Aumenta la producción de la caldera.*

Las desventajas son:

- *Fuertes corrosiones del lado de los gases de la combustión.*
- *La elevación de temperatura facilita la fusión de la escoria. Por esto puede haber problemas en la explotación de ciertos carbones para los cuales la temperatura de fusión (de las cenizas) no se alcanzaría sin el precalentador de aire, y es sobrepasada con el empleo de este aparato.*

Tipos de precalentadores

a) Recuperativo,

b) regenerativo.

En el recuperativo, los dos fluidos están separados por una superficie metálica a través de la cual se transmite el calor. Según la forma de estas superficies se subdividen a su vez en precalentadores:

a) Tubulares

b) De placas

En el tipo regenerativo, la superficie es calentada intermitentemente en ambas caras por los humos, y enfriada también intermitentemente en ambas caras, por el aire.

Precalentadores tubulares:

Un precalentador de aire tubular está constituido por un haz de tubos, como se indica (fig. 20 y 21), encerrado en una cubierta y con uno o más tabiques para obtener la circulación de los fluidos.

Precalentadores de placas:

Este tipo de precalentadores está constituido por elementos de chapas de acero, en forma de cajas, dispuestos uno a lado del otro, fig. 22 cada uno de ellos con cubiertas laterales para la entrada y salida de aire con espaciadores interiores y exteriores para mantener la distancia correcta entre placas y los elementos adyacentes y actuar simultáneamente como guías de las corrientes gaseosas.

Precalentadores regenerativos

El precalentador regenerativo continuo más difundido, en las instalaciones de calderas, es el Ljungtrom para ser empleado en la primera locomotora de turbina.

Su principio de funcionamiento se deduce fácilmente de la observación de la figura 23 y 24. se trata de un rotor constituido por una masa de metal desplegado, con canales muy estrechos que es calentada, alternativamente, por los humos y es enfriada alternativamente por el aire. En cada vuelta de rotor, se cumple un ciclo completo de intercambio de calor.

Manómetros

El manómetro es un aparato destinado a medir la presión que reina en la caldera. El conocimiento de esa presión es necesario desde el punto de vista de seguridad y del funcionamiento económico de la unidad generadora de vapor.

En la actualidad se emplea dos tipos generales de manómetros, el de laminas, fig. 25 y 26 y el de resorte tubular, fig. 27.

El primero se basa en la elasticidad de una lámina ondulada sometida, en una cara, a la presión de la caldera, y en la otra, en la presión atmosférica.

El segundo tipo llamado también manómetro de Bourdior, se basa en la tendencia a enderezarse, que experimenta un tubo de bronce curvado, de sección elíptica, cuando la presión que le aplica en su interior es superior a la atmosférica.

Al actuar la presión del vapor en le interior del tubo, su extremo libre describe un pequeño movimiento que amplifica el sistema de palancas que actúa sobre el sector dentado, que hace girar al piñón solidario con la

aguja indicadora.

Quemadores

Los quemadores son accesorios principales en las calderas. Su objeto es mezclar el aire con el combustible o viceversa para luego introducirlo a presión en forma de llama incandescente al interior de la caldera.

De acuerdo con la forma como se alimenta el aire, se puede clasificar los quemadores en dos categorías:

- *Quemadores de alimentación separada de aire y gas*

En este tipo de quemador, los dos fluidos, ambos a presión, llegan separadamente a la punta, o nariz del quemador; la mezcla se realiza en la cámara de combustión, o en la proximidad de está.

Estos quemadores son aplicables a calderas de todas las capacidades.

- *Quemadores de mezcla previa*

En este tipo de quemador, llamado a veces de llama azul, la mezcla de los dos fluidos se realiza antes de su introducción en la cámara de combustión.

Los sistemas usados se basan en tres principios diferentes:

- a) el gas, fluido motor, arrastra por inducción al aire tomado de la atmósfera.
- b) el aire, fluido moto arrastra al gas cuya presión ha sido reducida previamente a la presión atmosférica.
- c) la mezcla del aire y del gas es realizada por medio de un aparato mecánico.

Esta clasificación es un poco artificial, pues numerosos quemadores poseen caracteres que corresponden, simultáneamente, a varios principios de alimentación.

Se puede hablar también de quemadores:

- *Quemadores de turbulencia*
- *Quemadores a presión alta o baja*
- *Quemadores de combustión tangencial*
- *Quemadores de tipo turbina.*

A estos se pueden agregar los quemadores mixtos que queman simultáneamente dos combustibles.

Indicadores de nivel

Las calderas deben estar provistas, como mínimo, de dos aparatos que permitan conocer la altura del nivel de agua, constituido por un indicador de tubo de cristal. Este consiste esencialmente de un tubo V (fig. 28) en posición vertical y cuyas extremidades se comunican con la cámara de vapor y con la cámara de agua de la caldera, así el agua que está última y la que hay en el tubo se encuentra en le mismo nivel. El grifo debe abrirse periódicamente para expulsar las sustancias extrañas que se depositan en el fondo del tubo.

Válvulas de seguridad (fig. 29)

La misión de las válvulas de seguridad es evitar que la presión de la caldera sobrepase el valor normal de

trabajo para la cual se ha proyectado y construido, es decir, que protege a la caldera de presiones excesivas.

Toda caldera fija debe estar equipada con una válvula de seguridad, que funcione con absoluta confianza. Las calderas móviles, dos válvulas de este tipo.

Las dimensiones de este accesorio deben permitir que escape a la atmósfera todo el vapor que se genera con la actividad máxima de combustión cuando la toma de vapor esta cerrada.

Tapón fusible

Es un elemento de alarma que se instala en la caldera en aquel punto de la superficie de calefacción mas abajo del cual no debe descender el nivel del agua, por los peligros que ello entraña.

Inyectores

Aparato sumamente sencillo que se utiliza para alimentar a las calderas. Su simplicidad, ausencia de partes móviles y el poco espacio que ocupa, hace que sea preferido a las bombas de pistón.

En la fig.30 se ve su funcionamiento, el vapor que proviene de la caldera se expande en la tobera *T1* que se encuentra en la cámara *B* abandonándola a gran velocidad y al mezclarse con el agua, que proviene de *C* se condensa en la tobera *T2* saliendo de allí agua a elevada velocidad.

La energía cinética del vapor se transfiere al agua. Ese chorro de agua entra al difusor *T3* convirtiéndose su energía cinética en energía de presión a medida que su velocidad decrece, hasta que al dejar dicho difusor su presión es mayor que la de la caldera, lo cual le permite entrar en ella. De la cámara *D* sale el agua arrastrada durante la puesta en funcionamiento, agua que aun no ha adquirido suficiente presión para entrar en la caldera.

Medidores de caudal

En las instalaciones generadoras de vapor se usan aparatos para medir y registrar los caudales de vapor, del agua de alimentación y del aire para la combustión.

Medidor de temperatura

Con este medidor registrador se obtiene el valor de la temperatura media de los gases que abandonan la superficie de calefacción de la caldera.

Medidores de carbón

Para determinar el rendimiento de una instalación de vapor es necesario conocer también el consumo de carbón.

En las instalaciones con hogares de carga a mano se suelen emplear balanzas para pesar el carbón antes de enviarlo a la carbonera de la sala de caldera. Este método no permite obtener indicaciones sobre consumo individual de las calderas, para ello sería necesario pesar el combustible que se carga en cada caldera. En vez de balanzas se puede recurrir al método volumétrico, que consiste en llenar un recipiente, de volumen conocido y anotar las veces que se lo ha llenado. El peso se obtiene multiplicando el volumen gastado por el peso específico del carbón tal como se lo carga. Este peso, para carbones de la misma procedencia se mantiene aproximadamente constante, teniendo poca influencia, sobre la relación volumen / peso, el tamaño del grano de carbón, mientras que se lo mantenga dentro de ciertos límites.

Aparatos de alimentación

Son aparatos destinados a reponer el agua que se está vaporizando. Se los coloca por encima del nivel mínimo de agua tratando de alejarlo de la chapa calentada por el fuego de la cámara de vapor.

Por seguridad se colocan dos aparatos de reposición de agua. Es conveniente que la capacidad de ellos sea superior a la cantidad total de agua que contiene la caldera.

Válvula de cierre

Son válvulas que permiten el pasaje del agua a la caldera, e impiden el retroceso de la misma. Estas válvulas son accionadas a mano.

Separadores de vapor

Es un accesorio que se lo coloca lo más cerca posible de las máquinas de consumo. Se lo utiliza en aquellas calderas que no poseen calentadores de vapor. Separan del vapor la cantidad de agua éste arrastra, haciendo que llegue a la máquina de consumo solamente vapor seco, impidiendo que llegue el humo dañándola.

Entrada de hombre

Es una abertura practicada en el colector de la caldera que permite la entrada del operario al interior de la misma a los efectos de efectuar la limpieza o reparación. Esta es de forma circular, se abre hacia adentro de manera que la presión del vapor la mantenga cerrada.

Interruptores de bajo nivel

Todas las calderas de operación automáticas tienen que estar equipadas con un interruptor de bajo nivel de agua, el cual impide el funcionamiento del quemador, mientras no allá suficiente agua en la caldera. Un modelo tipo de este dispositivo consiste en un flotador que actúa sobre un interruptor eléctrico.

Nota: puede incluirse igualmente un interruptor de alarma

Grifos de prueba

Se colocan válvulas o grifos de prueba a tres niveles diferentes del indicador de nivel, lo que permite al operador cerciorarse de que el nivel del agua en la caldera coincide con la indicación del tubo de vidrio

Sopladores para hollín

Los ductos de pasos, en el lado del fuego tienen la tendencia a la acumulación de hollín y ceniza volátil para disgregar esos materiales producidos por la combustión, se emplean boquillas para lanzar chorros de aire o vapor permanentemente instalados.

Silbatos

En las fabricas pueden instalarse silbatos operados por vapor. Estos se indican para señalarse entrada y salida de trabajo o como sistema de alarma en caso de incendio, nivel bajo y otras situaciones de emergencias. En los barcos se emplean para dar señales de navegación, que no solamente se perciben por audición ya que la salida de vapor puede ser vista.

Accesorios complementarios

Tapones de limpieza: permiten efectuar el retiro de impurezas.

Válvulas de vaciado: permite efectuar el vaciado de la caldera.

A continuación exponemos las representaciones correspondientes:

Bibliografía

- *Generación de vapor de Marcelo Mesny*
- *Maquinas motrices de Ramon A. Del Fresno*
- *Calderas, tipos, características y sus funciones*