

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Evaluación tecnoeconómica de la construcción
del cuarto de calderas para la caldera del
Laboratorio de Operaciones Unitarias de la
Universidad del Valle de Guatemala

Guatemala, 31 de octubre de 2003.

Evaluación tecnoeconómica de la construcción
del cuarto de calderas para la caldera del
Laboratorio de Operaciones Unitarias de la
Universidad del Valle de Guatemala

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

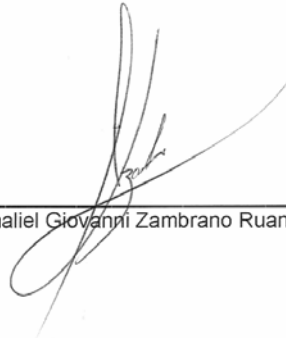
Evaluación tecnoeconómica de la construcción
del cuarto de calderas para la caldera del
Laboratorio de Operaciones Unitarias de la
Universidad del Valle de Guatemala

María del Pilar Garoz Montenegro

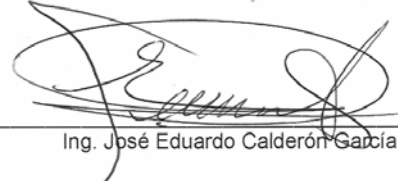
Trabajo de Graduación presentado para optar al
grado académico de Ingeniería Química.

Guatemala, 31 de octubre de 2003.

Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

Tribunal:

(f) 
Ing. José Eduardo Calderón García

(f) 
Ing. Cristián Rossi Sosa

(f) 
Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

Fecha de aprobación: 6 de noviembre del 2003.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE PLANOS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
RESUMEN.....	xi
María del Pilar Garoz Montenegro	4
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
A. El propósito del diseño seguro.....	2
B. Descripción general de una caldera.....	7
C. Normas generales de los cuartos de calderas	11
D. Consideraciones especiales para calderas de baja presión	15
E. Protección contra incendios y explosiones	18
F. Tubos y accesorios	19
G. Materiales de construcción	21
III. JUSTIFICACIÓN	26
IV. OBJETIVOS	28
A. Generales	28
B. Específicos.....	28
V. METODOLOGÍA.....	29
A. Determinación de variables.....	29
B. Diseño del cuarto de calderas.....	29
C. Evaluación económica	29
D. Presentación del proyecto.....	29
E. Construcción del cuarto de calderas	29
F. Desmontaje de la caldera	30
G. Traslado de la caldera.....	30
H. Montaje de la caldera.....	30
VI. RESULTADOS	31

VII.	DISCUSIÓN.....	37
VIII.	CONCLUSIONES.....	41
IX.	RECOMENDACIONES	42
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	43
XI.	ANEXOS.....	45
	COTIZACIONES.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Niveles de Iluminación recomendados en función de la tarea y la actividad desarrollada	12
Tabla No. 2 Distancias mínimas entre el Riesgo y espesor de muros en Cuartos de Calderas.	22
Tabla No. 3 Distribución y espesor de muros del Cuarto de Calderas.....	24
Tabla No. 4 Costos de Materiales de Construcción y Mano de Obra Civil.....	31
Tabla No. 5 Costos de Extintores y Rotulación de Seguridad.	31
Tabla No. 6 Costos de Iluminación.	31
Tabla No. 7 Costos de Traslado de Caldera y Equipo Auxiliar.	32
Tabla No. 8. Costos de Tubería y Accesorios.....	32
Tabla No. 9 Costo de fabricación e instalación de puerta contra explosiones.	32
Tabla No. 10 Costo de fabricación de ventanales.....	33
Tabla No. 11 Costo Total de la Construcción del Cuarto de Calderas.....	33

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Planta de cuarto de calderas.	34
Plano 2. Detalle del muro.....	35
Plano 3. Elevación principal del cuarto de calderas.....	36

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1 Distribución del Cuarto de Calderas según especificaciones.....	25
Ilustración No. 2. Distribución actual de la Caldera dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias.	45
Ilustración No. 3 Área disponible para la Construcción del Cuarto de Calderas.	45
Ilustración No. 4 Plano de la distribución actual del equipo dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias.	46
Ilustración No. 5 Distribución de Edificios alrededor del Edificio E	47

RESUMEN

La Universidad del Valle de Guatemala cuenta con el Laboratorio de Operaciones Unitarias para el aprendizaje práctico de la carrera. Los alumnos tienen aquí un primer acercamiento al equipo típico de la industria nacional en el campo específico de la Ingeniería Química, aunque no se limita únicamente a estudiantes de esta carrera.

La introducción a las buenas prácticas de manufactura se hace en este laboratorio, y por lo mismo, la Universidad debe sentar las bases para trabajar de manera segura, cumpliendo y respetando las normas establecidas por entidades nacionales e internacionales en seguridad industrial. Es por ello que se desarrolló un proyecto que consiste en la construcción de un cuarto de calderas para ubicar la caldera Cleaver-Brooks de 15 HP de capacidad que forma parte de dicho laboratorio y que se encuentra en su interior.

El cuarto diseñado tiene un área de 6.20 por 6.40 metros, respectivamente, que debe construirse de paredes de Rustiblock de 50 kg, pineado y fundido en cada agujero y con techo de lámina troquelada para asegurar una mejor protección en el momento de una falla que pueda resultar en algún percance. Adicionalmente a la construcción, se debe colocar un manifold para la distribución del vapor de manera más eficiente, el cual quedará ubicado dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias para su fácil utilización en el momento de la distribución de vapor dentro del Laboratorio. El costo total del proyecto en mención es de Q82,439.17, incluyendo el material de construcción, mano de obra, traslado de la caldera y su equipo auxiliar, tubería, accesorios y todo el equipo y material relacionado con la seguridad industrial tales como equipo extintor y rotulación.

I. INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala cuenta con una caldera horizontal pirotubular marca Cleaver-Brooks de 15 HP, que tiene como objeto abastecer vapor a varios equipos que forman parte de dicho laboratorio. Sin embargo, la ubicación actual de la caldera pone en riesgo la infraestructura y la integridad de las personas que se encuentran dentro y alrededor del Edificio E. Esta entidad educativa debe dar un mejor ejemplo a estudiantes, industrias nacionales y demás universidades en lo que se refiere a buenas prácticas de manufactura.

Para minimizar estos riesgos, es necesario trasladar la caldera a un cuarto destinado para este propósito. Para realizar el diseño del cuarto de calderas, se aplicarán conceptos de seguridad en el diseño de sistemas y en el área de trabajo para así evitar, reducir y eliminar la probabilidad de que ocurra un incidente.

Actualmente Guatemala no cuenta con regulaciones en cuanto a la ubicación y diseño de un cuarto de calderas. Sin embargo, el Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, IGSS, expresa lo siguiente:

<<Las calderas de vapor y los recipientes destinados a contener fluidos a presión, deben reunir las condiciones de seguridad fijadas por reglamentos especiales>>.

Así, las regulaciones que conciernen la instalación, operación y mantenimiento de las calderas en nuestro país se pueden regir bajo aquellas desarrolladas por la ASME (Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos), NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional), OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional), NFPA (Agencia Nacional de Protección contra Incendios) y la ANSI (Instituto Nacional Americano de Estandarización).

Este trabajo busca considerar todas las regulaciones mencionadas anteriormente para diseñar un cuarto de calderas, económica y técnicamente factible para el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala; permitiendo su segura operación además de admitir un fácil acceso para poder realizar las prácticas, los mantenimientos correctivos y preventivos.

II. ANTECEDENTES

A. El propósito del diseño seguro

El propósito de aplicar conceptos de seguridad en el diseño de sistemas, áreas de trabajo, métodos de trabajo y productos, es lograr la seguridad, siendo ésta el estado para el cual los riesgos son considerados aceptables.

1. Principios generales y definiciones. Se define al término de diseño como:

- Instalaciones, hardware, equipo, herramientas, selección de material, control de energía y cuidado ambiental.
- Métodos y procedimientos de trabajo, estándares para la selección de personal, contenidos de capacitaciones, programación de trabajos, administración de cambios en los procedimientos, requisitos de mantenimiento y necesidades de equipo de protección personal.
- Productos industriales, comerciales y de consumo de uso humano. (6)

Las personas involucradas en el diseño de procesos deben obtener conocimientos en cuanto a los elementos que constituyen un riesgo. Un riesgo se define como la medida de probabilidad de que ocurra un incidente peligroso que pueda resultar en daños y perjuicios. Por ello en el diseño de procesos se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:

- Evitar, eliminar y reducir la probabilidad de que ocurra un incidente.
- Minimizar la severidad del daño o perjuicio si ocurriese algún incidente. (6)

Para que una operación se lleve a cabo, los riesgos deben ser aceptables como principio. Estos riesgos se deben de tomar en cuenta durante el diseño, sin excepción alguna, así como durante la toma de decisiones. (6)

Un peligro se define como la posibilidad de que ocurra un daño. Un peligro incluye las características de las cosas así como las acciones o inacciones de las personas. En la identificación y análisis de riesgos, y la manera de evitarlos, eliminarlos o controlarlos, se debe evaluar el ciclo de vida de los procesos, equipo y productos. (6)

En las primeras etapas del diseño se debe considerar los riesgos además de la eventual disposición de facilidades, procesos y productos. Si un peligro no se puede evitar, y ocurre algún incidente, no siempre resultará en daños y lesiones, ya que todo dependerá de la exposición. (6)

La probabilidad de peligro se define como la posibilidad de que los peligros potenciales e incidentes ocurran. Una probabilidad de peligro se describe como el potencial de que un evento ocurra por unidad de tiempo, eventos, población o actividad. La severidad del incidente se define como el agregado del peor de los escenarios en el caso de un incidente, considerando la exposición. (6)

La exposición incluye a las personas, propiedades y ambientes que pueden ser afectadas en el momento de un incidente. Una asesoría de riesgos es un análisis que se refiere tanto a la gravedad del incidente como a la probabilidad de que ocurra dicho evento. Los análisis de riesgos y las asesorías en riesgos son de suma importancia en el proceso de diseño. (6)

Las acciones y medidas que se tomen para identificar y eliminar peligros y para reducir el riesgo a un nivel aceptable deben ser documentadas. De esta manera se podrá hacer retroalimentaciones de las instalaciones y del equipo para mejorar la seguridad, a través de la inclusión de aspectos de seguridad durante la investigación, desarrollo tecnológico y las compras y adquisiciones. (6)

2. Orden de los precedentes de diseño. Para lograr la mayor efectividad en la disminución, eliminación o control del peligro, se aplica las siguientes precedentes en el diseño y rediseño de los procesos:

a. **Diseño con riesgo mínimo.** Desde un principio, la prioridad debe ser que los peligros deben eliminarse en el diseño del proceso. Si alguno de los riesgos ha sido identificado pero no puede ser eliminado, el riesgo asociado debe reducirse a un nivel aceptable a través de la selección del diseño. (6)

b. Incorporar instrumentos de seguridad. Cuando los peligros no pueden ser eliminados o los riesgos asociados no pueden ser reducidos por medio de la selección del diseño, se debe incluir instrumentos de control fijos o automáticos como medida de acción. Se deben tener suficientes repuestos para realizar mantenimientos periódicos así como chequeos de las funciones de las características de seguridad de dichos instrumentos. (6)

c. Proveer de señales de alarma. Al no poder controlar los riesgos mediante el diseño seleccionado o incorporando instrumentos de seguridad, se deben proveer sistemas que detectan las condiciones peligrosas e incluyen señales de alarma para alertar al personal de dichos peligros. Se deben diseñar señales de alarma para minimizar la probabilidad de que el personal reaccione incorrectamente, estandarizando el tipo de sistemas. (6)

d. Desarrollar e instituir procedimientos operacionales y entrenamientos. Cuando se considera impráctico eliminar los riesgos a un nivel aceptable después de implementar los tres puntos anteriores, se deben utilizar procedimientos operacionales relevantes, capacitaciones así como señales de advertencia visuales y etiquetas. Sin embargo, no es recomendable utilizar los procedimientos operacionales y entrenamientos, señalizaciones escritas o formatos de advertencia como el único método para reducir los riesgos críticos. Algunas tareas y actividades que se califiquen como esenciales para la operación segura pueden requerir de entrenamiento especial así como una certificación del personal. (6)

En muchos casos se deben combinar estos cuatro principios. Sin embargo no se debe escoger un nivel de baja prioridad hasta que se han agotado las aplicaciones prácticas del nivel o niveles anteriores. Las dos primeras prioridades son más efectivas puesto que reducen, eliminan o controlan adecuadamente los riesgos en el diseño. Las últimas prioridades dependen de la intervención humana. (6)

3. Requerimientos generales de diseño para evitar, eliminar o controlar los peligros. Algunos de los siguientes aspectos en el diseño pueden repercutir en los flujos de energía innecesarios así como exposición a ambientes indeseados. Se debe enfatizar lo siguiente:

- El orden de precedentes de diseño debe prevalecer.
- Los principios de diseño ergonómicos aplican para que los métodos de trabajo prescritos y los procedimientos para uso humano no provoquen errores o estrés innecesario.
- Los dos aspectos distintivos de riesgo deben considerarse en el diseño y rediseño de procesos:

- Evitar, eliminar o reducir la probabilidad de que ocurra un incidente peligroso.
- Minimizar la gravedad del daño si ocurriese un incidente.

Todos estos requisitos de diseño no pueden ser cubiertos en todas las situaciones, éstos han sido expuestos para ser considerados por aquellos que han desarrollado requisitos de diseño aptos para sus operaciones. (6)

a. Evitar introducir un peligro: prevenir acumulación en forma de energía o materiales peligrosos.

- Evitar producir o manufacturar la energía o el material peligroso.
- Utilizar equipo de manejo de material en lugar de medios manuales.
- Nunca elevar personas u objetos. (6)

b. Limitar la cantidad de energía o materiales peligrosos.

- Buscar maneras para reducir la introducción actual o potencial de energía.
- Utilizar el mínimo de energía o material para realizar la tarea (voltaje, presión, químicos, almacenaje de combustible, alturas).
- Considerar menores pesos al momento de manejo de materiales.
- Almacenar materiales peligrosos en contenedores más pequeños.
- Eliminar objetos innecesarios de las superficies aéreas. (6)

c. Sustituir, utilizando lo menos peligroso.

- Sustituir las sustancias peligrosas por una más segura: cuando se debe utilizar materiales peligrosos, seleccionar aquellos con la menor peligrosidad en el ciclo de vida del sistema.
- Reponer las operaciones peligrosas por aquellas de menor riesgo.
- Utilizar diseños que requieran el menor mantenimiento.
- Utilizar diseños que sean más fáciles de mantener, tomando en consideración el factor humano. (6)

d. Prevenir la acumulación de energía indeseada o de materiales peligrosos.

- Proveer señales y controles apropiados.
- Utilizar reguladores, mandos y controles limitados.
- Proveer de redundancia adecuada.
- Controlar la acumulación de polvos, vapores, rocíos, etc.

- Minimizar el almacenaje para prevenir la acumulación de energía excesiva y de material peligroso.
- Reducir la velocidad de operación (procesos, equipo, vehículos). (6)

e. Prevenir la liberación de energía indeseada o materiales peligrosos: considerar todas las formas de energía- mecánica, eléctrica, química, térmica y radiación.

- Diseñar contenedores, estructuras, elevadores y equipo para el manejo de materiales.
- Considerar lo inesperado en el proceso de diseño.
- Proteger la energía almacenada así como materiales peligrosos de un posible shock.
- Proveer de enclaves mecánicos a prueba de error en el equipo, puertas, válvulas, etc.
- Instalar rieles en las elevaciones.
- Proveer de una superficie de trabajo antideslizante.
- Controlar el tráfico para evitar colisiones. (6)

f. Desacelerar el proceso de liberación de energía o materiales peligrosos.

- Proveer de válvulas de purga seguras.
- Reducir la tasa de combustión utilizando un inhibidor.
- Reducir el grado de camino.
- Proveer de márgenes de error para el camino a prueba de error. (6)

g. Separar en espacio y/o tiempo la liberación de energía o de materiales peligrosos de aquello a lo que se expone a dañarse.

- Aislar las substancias, componentes y operaciones peligrosas de otras actividades, áreas, materiales incompatibles y del personal.
- Localizar todo el equipo para que su acceso durante operaciones, mantenimiento, reparación o cualquier ajuste, minimice la exposición del personal (por ejemplo, a altos voltajes, químicos peligrosos, radiación electromagnética, etc.).
- Colocar controles remotos para controlar operaciones de alto riesgo.
- Eliminar el tráfico de dos vías.
- Separar el tráfico vehicular del peatonal.
- Proveer sistemas de advertencia y de retraso. (6)

h. Interponer barreras para proteger a las personas, propiedades o el ambiente expuestos a energía indeseada o a liberación de materiales peligrosos.

- Aislar todo el cableado eléctrico.

- Colocar guardas en maquinarias, enclaves y vallas.
 - Equipo de protección personal.
 - Ventilación dirigida.
 - Paredes y barreras.
 - Control de ruido.
 - Red de seguridad. (6)
- i. Modificar las superficies de concentración de golpes.
- Acolchar las superficies que están a la altura de la cabeza.
 - Esquinas redondeadas.
 - Herramientas diseñadas ergonómicamente.
 - Áreas suaves debajo del equipo de juego. (6)

B. Descripción general de una caldera

Existe una variedad de diseños de calderas. El equipo utilizado para aplicaciones comerciales e industriales, generalmente incluyen calderas del tipo acuatubular o pirotubular. La función de una caldera es transferir el calor de los gases de combustión al agua alimentada para llevarla al punto de ebullición a una presión de operación determinada. (1)

1. Caldera pirotubular. La caldera pirotubular utiliza tubos para dirigir los gases calientes del proceso de combustión a través de la caldera hacia un punto de descarga segura. Los tubos se encuentran sumergidos en el agua de la caldera y transfieren el calor de los gases calientes hacia el agua. (6)

Dentro de una caldera pirotubular, los gases viajan a través de la cámara de combustión en el proceso de combustión, eso corresponde al primer paso. La cabeza trasera sella los gases en la parte inferior de la cabeza. En la cabeza frontal, los gases calientes son sellados y se evita su escape, luego se retornan y se dirigen a través de los tubos del tercer paso. El gas caliente viaja hacia la porción superior de la cabeza posterior donde se retorna y se dirige a través de los tubos del cuarto paso. A partir de este punto, después de haber consumido la mayoría de la energía del proceso de combustión, el gas se dirige hacia el apilador y se libera hacia la atmósfera. (6)

2. Caldera acuatubular. El diseño de una caldera acuatubular consiste en una serie de tubos que dirigen el agua de la caldera a través de los gases calientes del proceso de combustión, permitiendo que los gases calientes transfieran su calor a través de la pared del tubo hacia el agua. El agua en la caldera fluye por convección desde el tambor inferior hacia el tambor superior. (6)

Existen muchos tipos diferentes de diseños, sin embargo, es general un máximo de tubos verticales o inclinados en las secciones de transferencia de calor por convección o radiación. Además, la mayor parte de los muros de los hornos están cubiertos por bancos de tubos de agua, conocidos como pantallas de agua que tienen el doble propósito de transferir el calor al agua para su ebullición y también enfriar el refractario de la pared del horno y así prolongar su vida. (6)

3. Calderas empacadas. Una caldera empacada la envía por el fabricante con ensamblaje completo, es decir, quemador, sistemas de control, controles de operación y de seguridad, todos ellos cableados o entubados a la carcasa. El equipo de este tipo sólo debe ser colocado en la ubicación deseada, con las conexiones hechas y los medios proveídos para dirigir los humos a una punto seguro de descarga. (1)

La mayor parte de las calderas pirotubulares empacadas se encuentran disponibles en capacidades desde 146 kW (500,000 Btu/h) hasta los 7,854 kW (26,800,000 Btu/h) de salida. Estas calderas se clasifican sobre la base de salida de caballos de caldera, o BHP por sus siglas en inglés (boiler horsepower). (5)

Las calderas acuatubulares empacadas diseñadas para aplicaciones comerciales se encuentran disponibles en capacidades pequeñas como 352 kW (1,200,000 Btu/h) de salida. (5)

Las calderas acuatubulares industriales se pueden conseguir con capacidades de hasta 39,272 kW (134,000,000 Btu/h). (5)

a. Calderas pirotubulares de pasos múltiples. Los diseños de las calderas pirotubulares varían significativamente. Se han desarrollado varios arreglos de los tubos y la cámara de combustión para maximizar la eficiencia de caldera y alargar la vida útil de la carcasa. Una de las variaciones más comunes es el arreglo de los tubos internos. Los diseños están disponibles para proveer 2, 3 ó 4 pasos para los gases. Las cámaras de combustión pueden estar localizadas en la parte superior o inferior de la carcasa. Adicionalmente, las calderas están disponibles de “pared” húmeda y pared “seca”. El diseño de la marca Cleaver-Brooks incluye pasos de 3 y 4 para los gases y la cámara de combustión se localiza en la parte inferior de la carcasa para una eficiencia térmica óptima, también incluye un arreglo de “pared” húmeda o seca. (5)

b. Sistemas de control de calderas. Los instrumentos y controles son esenciales para que una caldera funcione en forma segura, eficiente y confiable. Los controles van desde sistemas manuales sencillos, hasta sistemas automáticos ayudados por computadoras y por ello, el tipo de sistema de control que se utiliza en una caldera depende de las necesidades de toda la operación y de los costos involucrados. (6)

c. Instrumentos de caldera. Todas las calderas de vapor deben estar dotadas de instrumentos que indiquen o registren las siguientes variables:

- Presión de vapor
- Temperatura de vapor
- Nivel de agua
- Presión de agua de alimentación
- Tiro o presión del horno

En aquellas calderas que producen 10,000 lb de vapor/hora o más, también se debe controlar:

- Flujo de vapor
- Flujo de agua de alimentación
- Flujo de aire de combustión
- Componentes del tiro o presiones
- Temperatura del agua de alimentación
- Temperatura de los gases de combustión
- Flujo de combustible
- Presiones de combustible

- Temperaturas de combustible
- Velocidad y amperaje de ventiladores, bombas, alimentadores y otros componentes auxiliares que consumen energía eléctrica.

Otras mediciones incluyen el análisis de los gases de chimenea, densidad del humo, conductividad y concentración de iones hidrógeno en el agua de caldera. (6)

4. Códigos regulatorios. Las calderas de acero manufacturadas para su instalación en los Estados Unidos han sido diseñadas para cumplir con uno o más de los códigos que fueron desarrollados por la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos ASME, por sus siglas en inglés. (5)

En Guatemala no existen tales regulaciones. Sin embargo, el Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, IGSS, expresa en el Título II, Capítulo II “Motores, Transmisiones y Máquinas Calderas”, Artículo 27, lo siguiente:

<<Las calderas de vapor y los recipientes destinados a contener fluidos a presión, deben reunir las condiciones de seguridad fijadas por reglamentos especiales>>. (5)

Así, las regulaciones que conciernen a la instalación, operación, mantenimiento, etc. de las calderas en nuestro país se pueden regir bajo aquellas desarrolladas por la ASME, NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional), OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) y la ANSI (Instituto Nacional Americano de Estandarización).

Las calderas de vapor se fabrican de acuerdo a la Sección IV del Código de la ASME. Los límites establecidos por dicha sección para el diseño de calderas son:

- Para vapor – No se debe operar la caldera excediendo 103 kPa (15 psi)
- Para agua caliente – No se debe operar la caldera excediendo 1103 kPa (160 psi) y/o que las temperaturas no excedan los 394 K (250 °F) en o cerca de la salida de la caldera. Los controles estándar normalmente limitan la temperatura a un máximo de 389 K (240 °F).

Las calderas de procesos, o calderas de “energía”, se fabrican de acuerdo a la Sección I del Código de la ASME. La Sección I aplica a todas las calderas de vapor arriba de 15 psi o aquellas calderas de agua caliente de 250°F/160 psi. Las presiones de diseño más común son aquellas de 150, 200, 250, 250, 300 y 350 psi. (5)

C. Normas generales de los cuartos de calderas

1. Pisos. Debido a la naturaleza de las operaciones a llevarse a cabo en los cuartos de calderas, las superficies de los pisos deben ser fáciles de limpiar. Los pisos deben ser de concreto expuesto o de cualquier otro material no poroso. Se recomienda que los pisos se sellen para prevenir la penetración de los derramamientos. Los estándares de la OSHA requieren que todos los pisos de todas las áreas estén limpios y secos. Cualquier derrame debe ser limpiado de inmediato. Los derrames de grasas y aceites se deben absorber con arena o tierra de diatomeas y luego deben ser desechados correctamente. Los residuos de grasa y aceite deben limpiarse utilizando detergentes para dicho propósito. (12)

2. Iluminación . Los cuartos de calderas deben contar con iluminación apropiada. Se recomienda utilizar candelas de 30.5 m (100 pies), si fuere posible. Se puede utilizar un medidor de luz para determinar los niveles de iluminación. Es importante que las manivelas, palancas y botones estén correctamente iluminadas. Esto permite que cualquier condición potencialmente peligrosa pueda ser notada y corregida. (12)

La ecuación básica para calcular la cantidad de luz necesaria en un área determinada es la siguiente:

$$I(A) = (N_1) (N_2) (L) \quad \text{(Ecuación No. 1)}$$

donde I es la iluminancia en el área (lux), A es el área iluminada (m^2), N_1 es el número de luminarias, N_2 corresponde al número de lámparas por luminaria y L corresponde a los lúmenes/lámpara. (9)

Si el cuarto de calderas supera los $186 m^2$ ($2000 ft^2$) en área, se sugiere algún tipo de iluminación de seguridad que permita a las personas dentro de dicho cuarto abandonar el recinto de manera segura. Las luces de emergencia también se recomiendan para poder realizar reparaciones a las calderas cuando existan interrupciones de energía. Dichas luces deben funcionar por lo menos durante 90 minutos. Si se requiere más tiempo, para trabajar en las calderas, por ejemplo, se recomienda el uso de un generados de gas líquido de petróleo. (12)

Tabla No. 1.

Niveles de Iluminación recomendados en función de la tarea y la actividad desarrollada

Tipo de tarea visual	Ambiente o actividad	Nivel de iluminación recomendado (lux)
Orientación solamente	Zonas de tráfico	20
Tarea visual fácil	Plantas de producción con actividades ocasionales. Trabajos bastos de montaje y supervisión.	100 200
Tarea visual normal	Tareas medias, torneado, fresado o calderería, aulas. Tareas finas, máquinas con utilajes u oficinas.	300 500
Tarea visual difícil con pequeños detalles y pocos contrastes	Oficinas de supervisión, dibujo, oficinas de gran área. Ensayo de colores, montaje mecánico fino, oficinas abiertas con reflectancias medias.	1000 1000
Tarea visual muy difícil	Aseguramiento de la calidad con requerimientos muy altos, reparación de artefactos ópticos o relojería de precisión, procesamiento de textiles.	1500
Detalles muy finos con muy poco contraste	Grabado de metales y joyería.	2000

(9)

3. Recintos del cuarto de calderas. El cuarto de calderas, si es parte de un edificio ocupado, debe estar incluido en una construcción resistente al fuego. De igual manera, las puertas, así como los marcos de las puertas, deben ser resistentes al fuego. (12)

El cuarto debe ser protegido por un sistema de riego (sprinkler), detectores de humo o calor o una combinación de ambos medios de protección. Este sistema de detección debe ir conectado al sistema de alarma contra incendios. El aire de combustión debe llevarse de afuera hacia adentro y no del interior del edificio. (12)

4. Emergencias. Los procedimientos de emergencia deben estar vigentes para que los empleados asignados al cuarto de calderas sepan qué hacer al momento de una lesión de un compañero o de un incendio. La OSHA requiere que todos los empleados establezcan planes de acción para lidiar con este tipo de situaciones. (12)

5. Las calderas como cuartos confinados. Las calderas se consideran como cuartos confinados. Cuando un empleado entra a limpiar, reparar, o realizar cualquier trabajo, el colaborador debe establecer procedimientos apropiados de entrada. Esto incluye un permiso de ingreso, un auxiliar, procedimientos por escrito, etc. (12)

Si la caldera puede ser ventilada adecuadamente para prevenir cualquier atmósfera peligrosa, esto se debe hacer mientras los trabajadores se encuentran en la caldera y cuando no existan otros riesgos. (12)

6. Limpieza de calderas. Cuando las calderas se limpien, el patrón debe proveer una ventilación adecuada al instituir controles de ingeniería para evitar cualquier exposición a químicos. Si los controles de ingeniería no pueden ser instituidos, el patrón debe proporcionar a los empleados de respiradores apropiados para el nivel de exposición a químicos. Si se hace uso de un respirador, se deben cumplir los estándares de la OSHA. (12)

En aquellos casos en que los trabajadores pueden ser lesionados si no hacen uso del equipo de protección personal adecuada, tales como cascos, guantes, protección visual, overoles, etc., éstos deben ser utilizados. También deben cumplir con los requisitos de la OSHA. (12)

Antes de iniciar la limpieza, se deben revisar las Hojas de Seguridad de Materiales (Material Safety Data Sheets) de los químicos que serán empleados en el proceso de limpieza. Adicionalmente se deben revisar los residuos de la caldera para poder elegir correctamente los respiradores o mascarillas, el equipo de protección personal y conocer los cuidados en el manejo de los mismos. (12)

7. Exposición al ruido. El ruido dentro de un cuarto de calderas puede exceder los 90 decibeles (dB), lo cual se encuentra por arriba del límite permisible de exposición al ruido en una jornada de 8 horas, según la OSHA. Si existiese un problema de ruido, los niveles deben conocerse con ayuda de un medidor del nivel de sonido. Si los niveles de ruido son iguales o mayores a 85 dB, ponderados en ocho horas, el patrón debe instituir un programa de conservación auditiva. (12)

Si los niveles de ruido superan los 90 dB ponderados en ocho horas, el patrón debe reducir los niveles de ruido por debajo de los 90 dB utilizando controles de ingeniería o de prácticas de trabajo. Si no fuere posible utilizar estos controles, se debe proveer a los trabajadores con equipo de protección auditiva. (12)

8. Químicos de calderas. Se utilizan químicos en el cuarto de calderas para tratar y chequear el agua destinada a las calderas. Algunos de estos químicos son tóxicos e inflamables. El patrón debe capacitar a los colaboradores en el uso seguro, almacenaje, etc. para que la exposición se mantenga por debajo del límite permisible de exposición. Se debe tener una copia de las Hojas de Seguridad de los materiales en cuestión. (12)

9. Almacenaje de químicos. Los químicos combustibles e inflamables almacenados en pequeños contenedores deben ser guardados en latas diseñadas para este propósito. Se recomienda que estas latas se guarden en gabinetes resistentes al fuego. Los químicos incompatibles no se deben guardar juntos. Los químicos inflamables no se deben almacenar con agentes corrosivos u oxidantes. (12)

Los recintos contra fuego deben utilizarse para almacenar tambores de 55 galones. Los tambores de materiales inflamables deben sujetarse a tierra por medio de alguna estructura de hierro, con una barra conducida a tierra o con una tubería de agua fría. (12)

10. Colocación de avisos y seguros. Cuando las calderas se apagan para su limpieza, mantenimiento o reparación, todas las fuentes de iniciación de energía tales como válvulas, interruptores, etc. deben asegurarse con un candado o se les debe colocar un aviso. El empleado es el responsable de cumplir con este procedimiento; de esta manera se protege contra heridas o lesiones al evitar el funcionamiento accidental del equipo. La presión almacenada en las

tuberías de vapor debe aliviarse y el agua caliente remanente en las tuberías en las cuales se va a trabajar, debe drenarse después de asegurarse. (12)

11. Salidas de cuartos de calderas. El espacio debe tener al menos una salida de 0.76 m (30 in) de ancho. Si el cuarto cuenta con una puerta, ésta debe abrir hacia la dirección de egreso. (12)

Si el área es igual o mayor a los 28 m² (300 ft²), deben existir dos salidas remotas. Una de las salidas debe ser, como mínimo, de 0.91 m (36 in) de ancho. Esta puerta debe abrir en dirección al egreso. La otra salida puede ser una escalera vertical u horizontal de no menos de 0.45 m (18 in) de ancho que llega hacia una salida no menor de 0.91 m (36 in) de ancho. Si la salida cuenta con una puerta, ésta debe abrir en dirección a la salida. (12)

D. Consideraciones especiales para calderas de baja presión

La instalación debe hacerse de manera que provea un acceso razonable para la limpieza de la unidades de calor, para remover los quemadores, para reemplazar motores, controles, filtros de aire, reguladores de corriente y otras partes mecánicas al igual que el ajuste, limpieza y lubricación de piezas. (12)

Se deben colocar ventanas de observación que permitan que el operador observe la operación de los quemadores. (12)

1. Suministro de aire para la combustión. La cantidad de aire es de suma importancia para una completa combustión del combustible. Una combustión incompleta puede causar una acumulación de monóxido de carbono, la cual puede ser letal. Adicionalmente, la llama resultante es más larga y más humeante. (5)

Para evitar los problemas descritos anteriormente, es necesario tener suficiente aire fresco. Para quemadores de gas o de aceite, el cuarto de calderas debe tener aberturas de al menos 0.1 m² (1 ft²) por cada 2108.7 MJ (2 millones de BTU) de combustible quemado por hora. (5)

El aire de combustión no debe ser suplido del interior del edificio. Éste debe ser suplido utilizando el aire externo, con la toma localizada en la pared externa. Si la toma estuviese

localizada dentro del edificio, la pared no podrá contener una explosión de caldera. Esto pondría en peligro a los ocupantes del edificio. Al estar en la pared externa, la fuerza de la explosión se localizaría afuera, lejos del edificio. (5)

Al determinar los requerimientos de aire en un cuarto de calderas, se deben evaluar el tamaño del cuarto, además del flujo y la velocidad del aire de la siguiente manera:

a. Deben haber dos aberturas que suministren el aire. Éstas deben ubicarse en las paredes externas del cuarto de calderas. Se deben localizar cada una en los extremos del cuarto de calderas, preferiblemente por debajo de una altura de 2.1 m (7 ft). Esto permite que el aire se recicle a lo largo de la caldera.

b. Las aberturas de suministro pueden estar protegidas de los agentes climáticos, sin embargo, no deben estar cubiertas con hilos finos de mesh ya que estas coberturas no permiten un flujo de aire de buena calidad y están sujetos a que se obstruyan a causa del polvo o suciedad.

c. No se recomienda colocar un ventilador dentro del cuarto de calderas ya que esto puede crear un ligero vacío bajo algunas condiciones de operación, causando variaciones en la cantidad de aire para la combustión. Esto resulta en un rendimiento insatisfactorio del quemador.

d. Bajo ninguna circunstancia el área total de las aberturas para el suministro del aire debe ser menor a 0.1 m² (1 ft²).

e. Para dimensionar las aberturas se utiliza la siguiente fórmula con unidades en Sistema Inglés (no existe conversión a unidades del Sistema Internacional debido a los valores constantes) :

$$\text{Area}(\text{ft}^2) = \frac{\text{ft}^3/\text{min}}{\text{ft}/\text{min}} \quad (\text{Ecuación No. 2})$$

Para calcular la cantidad de aire necesaria:

f. Aire de combustión = $\text{bhp} \cdot 8 \frac{\text{ft}^3/\text{min}}{\text{bhp}}$, donde bhp se refiere al boiler heat power.

(Ecuación No. 3)

$$g. \text{ Aire de ventilación} = \text{bhp máximo} \cdot 2 \frac{\text{ft}^3/\text{min}}{\text{bhp}} \quad (\text{Ecuación No. 4})$$

h. Aire total recomendado = $10 \frac{\text{ft}^3/\text{min}}{\text{bhp}} - (\leq 1000 \text{ ft de elevación})$. Se debe sumar tres (3) por ciento más por cada 1000 ft de elevación agregada. (Ecuación No. 5)

i. Para calcular la velocidad de aire aceptada en el cuarto de calderas en fpm $\left(\frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \right)$:

1. Desde el piso hasta una altura de 7 ft (2.1 m) = 250 ft³/min

2. Desde el piso a una altura mayor de 7 ft (2.1 m) = 500 ft³/min (5)

→ Ejemplo: Para una caldera de 300 bhp a una altitud de 800 ft, determinar el área de las aberturas de suministro de aire para el cuarto de calderas si éstas deben colocarse a 5 ft arriba del nivel del suelo.

- Aire requerido: $300 \times 10 = 3000 \text{ ft}^3/\text{min} = 8.5 \text{ m}^3/\text{min}$
- Velocidad del aire: Hasta 7 ft = $250 \text{ ft}^3/\text{min} = 7.1 \text{ m}^3/\text{min}$
- Área requerida: $\text{Área}(\text{ft}^2) = \frac{\text{ft}^3/\text{min}}{\text{ft}/\text{min}} = \frac{3000}{250} = 12 \text{ ft}^2 = 1.1 \text{ m}^2$
- Área/Abertura: $12/2 = 6 \frac{\text{ft}^2}{\text{abertura}}$, se requieren 2 aberturas.

2. Equipo eléctrico y cableado. La instalación del equipo eléctrico debe ser nítida y ordenada. El cableado debe estar sostenido y protegido correctamente. (12)

Los conductores con empalmes y las partes metálicas sin aislar que tengan un potencial mayor a 30 voltios deben ser instalados en áreas enclaustradas que requieran de herramientas para su ingreso. Se debe proveer de retenedores de cable (para aliviar tensión) para los conductores que van a salir del recinto. Esto previene que el material aislante de los cables se rasgue. (12)

Los cables que no se encuentran en conduit metálico y que pasan a través de paredes metálicas, deben ir protegidas por bujes, ojales de metal o se debe alisar el agujero por donde pasa el cableado. Esto es requerido para prevenir la abrasión de los cables. (12)

Los conectores de enchufes desmontables no pueden utilizarse en aquellos circuitos donde la desconexión o conexión del circuito puedan propiciar una operación insegura. (12)

Las conexiones de servicio, incluyendo aquellos de bajo voltaje en circuitos no seguros, que requieran ser rotos para actuar como servicios de control, deben ser hechos de manera que puedan ser conectados y desconectados sin romper una conexión soldada o rompiendo o cortando cables. (12)

E. Protección contra incendios y explosiones

El fundamento de la protección contra incendios y explosiones es la prevención. Un equipo confiable, un buen diseño de las instalaciones, instrumentos que incluyan un sistema de control con alarma de advertencia, capacitación del operador y un mantenimiento regular son los elementos claves en la prevención de incendios y explosiones en sistemas de calderas. (13)

El sistema completo - caldera, quemador, abastecimiento de combustible, ventiladores, tuberías y ductos – debe ser diseñado para operar en ciertos parámetros y para operaciones con límites específicos. En ningún momento deben excederse estos límites. (6)

Un buen diseño de instalaciones requiere que la caldera se ubique en un cuarto o estructura separada, preferentemente una construcción de material no combustible. Las calderas deben colocarse sobre pisos de concreto o plataformas que se extiendan más allá del equipo a una distancia de por lo menos 1.2 m (4 ft) en cada dirección. Si deben colocarse sobre pisos combustibles, debe haber suficiente circulación de aire por debajo del quemador para que la temperatura del piso se mantenga por debajo de los 71°C (160°F). Las chimeneas de metal no se deben extender a través de los pisos, techos o paredes combustibles. Si dichas chimeneas deben pasar a través de un techo combustible, se debe proveer de suficiente espacio y/o aislamiento para mantener la temperatura de los materiales combustibles por debajo de los 71°C (160°F). Generalmente dicho espacio debe ser de 0.46 m (18 in). (6)

Se debe incluir un sistema de dispositivos de seguridad que impida una secuencia inapropiada realizada por los operarios y que además cuente con un apagado automático si

ocurren ciertos mal funcionamiento. Se deben colocar alarmas visuales y audibles para advertir a los operarios que deben tomar algunas medidas correctivas; otros pueden indicar qué funciones automáticas se han realizado para así reducir la probabilidad de un riesgo. Las calderas nuevas no deben encenderse hasta que las guardas apropiadas han sido instaladas y examinadas. (6)

Una operación segura no puede depender únicamente del diseño del equipo y el cumplimiento de las instrucciones de operación proveídas por el fabricante. Los operarios deben ser personas conocedoras y competentes que además entienden el proceso involucrado. Ser técnicamente competente se logra por medio de programas continuos de capacitación que evitan que una familiaridad del sistema resulte en toma de atajos en los procedimientos de operación o que se evadan los dispositivos de seguridad. (6)

Adicionalmente se debe tener un programa de mantenimiento preventivo para conservar la confiabilidad del equipo y de los sistemas de control. El programa preventivo evita que se tengan que realizar mantenimientos correctivos con demasiada frecuencia. Una buena limpieza y orden del área también contribuyen a la prevención de incendios y explosiones. (6)

Un sistema de regaderas (sprinklers) o aerosoles (spray) de agua automáticos son una manera práctica de protección contra incendios en cuartos de calderas hechos de materiales combustibles. En los cuartos de calderas de materiales no combustibles donde el potencial de incendios es muy bajo, los extintores portátiles o mangueras cortas pueden ser los adecuados. (6)

F. Tubos y accesorios

1. Materiales . Los tubos pueden ser de diferentes materiales tales como arcilla, cemento, concreto, latón, cobre, hierro fundido, hierro labrado, acero, aleaciones de diferentes materiales y de algunos tipos de polímeros. (6)

Los tubos de arcilla, concreto y cemento se utilizan comúnmente para el abastecimiento de agua y drenajes. Los tubos de plomo ofrecen una gran resistencia a la corrosión y pueden deformarse a la forma deseada, sin embargo, éstos no pueden soportar altas temperaturas o altas presiones internas. Los tubos de cobre y latón resisten la corrosión mejor que los tubos de acero o hierro pero son más caros y no son recomendables para trabajar a altas presiones. Los tubos de cobre son muy flexibles y pueden deformarse fácilmente a bobinas o curvaturas de radio pequeño. (6)

Los tubos de hierro fundido se utilizan generalmente para propósitos que requieren de bajas presiones y bajas temperaturas, como por ejemplo, drenajes y abastecimiento de agua. Este material es más débil que el hierro o acero labrados, pero menos sujeto a la corrosión. La adición de una pequeña cantidad de níquel o cromo al hierro fundido aumenta su fuerza y su resistencia a la corrosión. Un tubo de hierro labrado resiste a la corrosión mejor que un tubo de acero labrado, razón por la cual se prefieren cuando esta característica es importante. Sin embargo, la mayor parte de los tubos utilizados para manejar líneas de alta presión así como otros propósitos son de acero labrado. En aquellos casos en los que se distribuye materiales corrosivos, los tubos de acero pueden alinearse con plomo o cemento. (6)

Los tubos con propiedades de alta resistencia a la corrosión además de soportar altas presiones internas pueden ser de materiales poliméricos. (6)

Las guarniciones son hechas de hierro fundido, bronce, hierro maleable, acero fundido, acero fundido con aleaciones además de hierro forjado. El cromo, níquel y el molibdeno son los metales más comunes para formar aleaciones, con el objeto de aumentar la fuerza y resistencia a la corrosión. En general, las guarniciones de hierro fundido y bronce se utilizan para presiones y temperaturas bajas y medias, el hierro fundido con aleación trabaja bien a altas presiones y temperaturas y el hierro forjado funciona en extremas presiones y temperaturas. (6)

2. Trampas de vapor. En sistemas de vapor se deben utilizar trampas de vapor, entre las cuales se encuentran las del tipo termodinámico y las de cubeta invertida. Las trampas de cubeta invertida operan basadas en la diferencia de densidades entre el vapor y el agua. El vapor que entra a la cubeta invertida causa que ésta flote y que cierre la válvula de descarga. El condensado que entra a la trampa vence la cubeta y se abre así la válvula de descarga para que salga el condensado. Este tipo de trampa permite ventear continuamente el aire y el dióxido de carbono a la temperatura del vapor. Luego se encuentran las trampas termodinámicas, las cuales se basan en el incremento de la velocidad del fluido y la diferencia de temperatura entre las cámaras internas divididas por el disco. Así, la trampa se mantiene abierta mientras se tenga condensado frío fluyendo, ya que éste corre a menor velocidad que el vapor. Cuando el vapor llega a los orificios de entrada, la velocidad del flujo se incrementa y el disco se hala hacia su asiento, cerrándose totalmente al incrementarse la presión en la cámara. Cuando la presión de la cámara cae debido a la pérdida de temperatura por radiación al exterior de la trampa, o bien por la presencia de condensado más frío, el disco se despega del asiento al ser levantado por el condensado que fluye por su ranura inferior. Debido a que la temperatura de la cámara

determina si la trampa permanece cerrada o abierta, éste tipo de trampa no se recomienda en ambientes expuestos a lluvia, frío o calor excesivo porque su funcionamiento óptimo está a expensas de esas condiciones. (14)

3. Determinación del tamaño de tubería de vapor. Los principales factores para determinar el tamaño de la tubería en un sistema de vapor son:

a. Presión inicial de la caldera y la presión de vapor permitida por todo el sistema. La caída de presión total en el sistema no debe exceder el 20% de la presión máxima total en la caldera. Esto incluye todas las caídas –pérdida de línea, codos, válvulas, etc. Se debe recordar que las caídas de presión significan pérdida de energía. (3)

b. Velocidad del vapor. La erosión y el ruido aumentan con la velocidad. Algunas velocidades razonables para procesos de vapor son 30.48 a 60.96 m/s (6,000 a 12,000 ft/min, respectivamente); sin embargo, los sistemas de calentamiento de menor presión normalmente tienen velocidades menores. Otra consideración es la futura expansión. Se debe dimensionar la línea tomando en consideración algún crecimiento futuro. (3)

G. Materiales de construcción

Los objetivos del diseño estructural, son proporcionar al dueño un inmueble que cubra las necesidades y con las características que desea, generalmente esas necesidades pueden resumirse como:

- Asegurar, con una estructura, el proporcionamiento de un espacio vital para un propósito determinado.
- Durante el período de vida útil, dicha estructura deberá satisfacer las condiciones de servicio para las que fue creada.
- Los costos de construcción y mantenimiento, entre otros que conforman el costo total del inmueble, deberán tender a la optimización.

Con relación al segundo punto, las condiciones y características que deberá cubrir la estructura a diseñar variarán dependiendo de la función que se asigne al inmueble. En condiciones de servicio, una estructura debe mantener su estabilidad ante grandes deformaciones y vibraciones. (1)

1. Concreto. Dentro de las características mecánicas del concreto, la de mayor importancia es la resistencia a la compresión axial (σ_B). Las resistencias a tensión, flexión, cortante, de adherencia y el módulo de elasticidad del concreto, presentan una fuerte relación con la resistencia a la compresión axial, por lo que se considera a esta propiedad como la representativa del concreto. (1)

Cuando al concreto se le sujeta a esfuerzos monotónicamente crecientes, la estructura sufre un fracturamiento en su estructura interna, alcanzando la resistencia máxima a compresión aproximadamente a 0.2% de deformación (1). La resistencia a tensión del concreto tiene estrecha relación con la resistencia a compresión, para resistencias a la compresión entre 1.76 y 2.3 kN (180 y 240 kgf/cm²) la resistencia a tensión generalmente se considera como 1/10 de la resistencia a compresión obtenida de pruebas uniaxiales en cilindros estándar. (1) La resistencia a compresión del concreto y su capacidad de deformación varían de acuerdo a los esfuerzos a los que está sujeto el material, siendo estas características las que lo hacen propenso para construir estructuras que requieran mayor resistencia. (1)

En el caso de la construcción de salas o cuartos de calderas, se recomienda lo siguiente:

Tabla No. 2.

Distancias mínimas entre el riesgo y espesor de muros en cuartos de calderas.

Distancias mínimas (m)		Espesor mínimo muros (cm)		Otros materiales
Riesgo 1	Riesgo 2	Fábrica de ladrillo, mampostería o concreto en masa	Concreto armado	Momento flector mínimo requerido m·mton/m _{lineal}
1.5	1	no admisible	50	22.5
2.5	1.5	no admisible	47	19.5
3	2	100	44	17.0
4	2.5	95	41	15.0

4.5	3	90	40	14.0
5	3.5	85	38	12.5
6	4	75	35	10.5
6.5	4.5	70	33	9.5
7.5	5	65	32	8.5
8	5.5	60	30	8.0
8.5	6	50	29	7.0
10	8	40	24	5.5
14	10	38	21	5
14-30	10-20	35	18	4.0
30	20	cerca metálica ligera	cerca metálica ligera	—

(13)

Cabe mencionar que se define como Riesgo 1 aquel que afecta a viviendas, locales de concurrencia pública, calles, plazas y demás vías públicas y talleres o salas de trabajo ajenas al usuario. El Riesgo 2 es el que afecta a zonas o locales donde hayan personas de modo permanente o habitual, tales como zonas de paso continuo, talleres, salas de trabajo, etc. que pertenezcan al propio usuario de la caldera. (13)

Además está establecido que los muros de protección deben ser de ladrillo macizo, de mampostería, de piedra con mortero de cemento, de concreto en masa o de concreto armado. En el último caso, el concreto armado debe contener como mínimo 60 kilogramos de acero y 300 kilogramos de cemento por metro cúbico. El armado se debe realizar con armaduras cruzadas transversalmente de la misma cuantía de acero y situada en la cara del muro más alejada de la caldera.

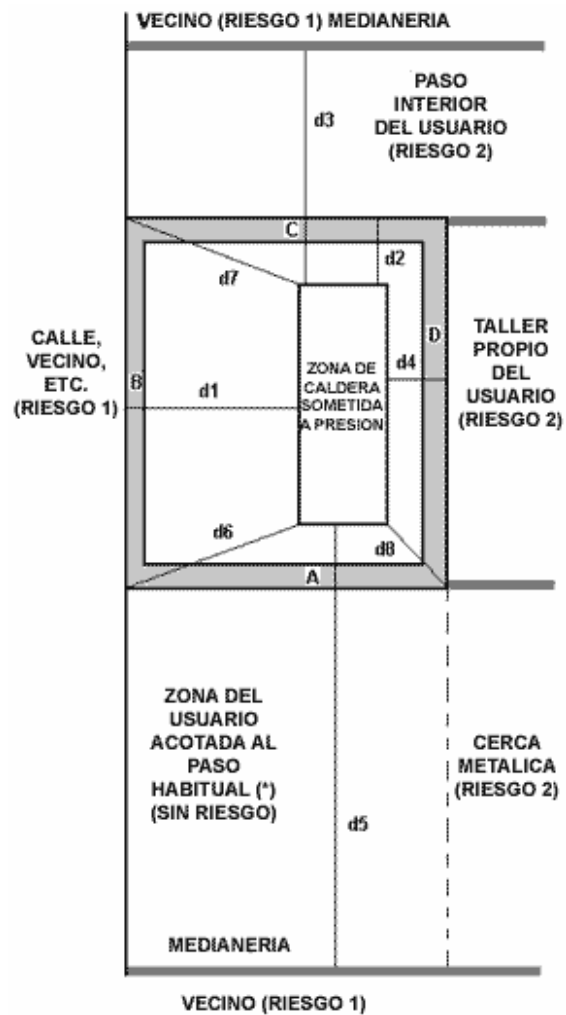
Tabla No. 3.
Distribución y espesor de muros del cuarto de calderas.

(13)

		Espesor mínimo	
Distancia (m)	Riesgo	Fábrica de ladrillo, mampostería o concreto en masa (m)	Concreto armado (m)
$d_1 = 3.00$	1	0.100	0.44
$d_2 = 1.50$	2	No admisible	0.47
$d_3 = 6.00$	1	0.75	0.35
$d_4 = 1.50$	2	No admisible	0.47
$d_5 = 14.00$	1	0.38	0.21
$d_6 = 4.00$	1	0.95	0.41
$d_7 = 4.00$	1	0.95	0.41
$d_8 = 2.00$	2	0.100	0.44

Ilustración No. 1.
Distribución del cuarto de calderas según especificaciones.

(13)



III. JUSTIFICACIÓN

El interés sobre el tema de la seguridad industrial ha ido en aumento en los últimos años. A pesar que las mejoras en este aspecto implican una inversión considerable, la prevención de daños por un incidente se paga con creces. No sólo se está protegiendo el equipo dentro de las áreas en cuestión, sino que además se vela por la seguridad integral de las personas que visitan frecuentemente las instalaciones.

Como entidad educativa, la Universidad del Valle de Guatemala debe considerar el traslado de la caldera ubicada en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, con el objeto de cumplir los reglamentos mínimos de seguridad que entidades como NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), ASME (American Society of Mechanical Engineers), NFPA (National Fire Protection Agency), entre otros, exigen. Guatemala no cuenta con una instrucción específica sobre la construcción de cuartos de calderas, por lo que se pueden aplicar las normas establecidas por asociaciones como las mencionadas anteriormente.

Actualmente la caldera está ubicada en un área en la cual trabajan estudiantes y personal administrativo de la Universidad. El diseño actual del Laboratorio de Operaciones Unitarias representa un gran riesgo puesto que un siniestro, como la explosión de la caldera, puede costar daños materiales de la infraestructura de la Universidad del Valle de Guatemala y en el peor de los casos, la muerte de personas que se encuentren dentro del Edificio E y sus alrededores. La Universidad del Valle de Guatemala debe dar la pauta en cuanto a la correcta ubicación y operación del equipo mencionado, ya que de ello depende el desempeño de los alumnos graduados en la industria nacional.

Este trabajo busca encontrar la solución para el traslado de la caldera, ofreciendo una operación segura y eficiente del equipo sin poner en riesgo tanto edificios como personal. El cuarto de calderas debe ser una edificación resistente al fuego ya que el área disponible se encuentra vecina a un edificio ocupado. Además, el diseño debe hacerse de tal manera que todos los servicios de mantenimiento, operación y conservación puedan efectuarse en condiciones de seguridad. En general, se debe contemplar que el recinto cuente con un fácil acceso, excelente iluminación y ventilación y que el material de construcción sea resistente al fuego. Adicionalmente, para conseguir una mejor distribución del vapor generado por la caldera, se incluirá en el diseño la instalación de un manifold.

Por último, se incluye una evaluación de los gastos a incurrir en la ingeniería civil, sistema de transporte de agua y vapor (tubería), drenajes, instalaciones eléctricas y sistema contra incendios.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

1. Realizar el diseño para el posterior traslado de la caldera ubicada en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, hacia un cuarto de calderas el cual será esbozado para cumplir con todos los aspectos técnicos y de seguridad necesarios, además de incluir el impacto económico del mismo.

B. Específicos

1. Evaluar los costos del traslado de la caldera hacia el cuarto de calderas, tomando en cuenta la obra civil, instalaciones eléctricas, ubicación del tanque auxiliar de combustible, transporte del agua y vapor, tratamiento del agua de la caldera así como los drenajes.

2. Tomar en cuenta los aspectos de seguridad pertinentes en el traslado de la caldera, como por ejemplo, la explosión de la misma.

3. Incluir en el diseño del cuarto de calderas un sistema adecuado de ventilación. Adicionalmente tomar consideraciones especiales en cuanto al fácil acceso al mismo para realizar trabajos de mantenimiento así como para la prevención de incidentes.

V. METODOLOGÍA

A. Determinación de variables

Para la edificación de un cuarto de calderas se deben tomar en cuenta varios parámetros: desde el material a ser utilizado en la construcción, hasta la distribución e instalación de servicios. En este punto se debe investigar cuáles son las variables a considerar para el diseño del cuarto de calderas y los límites de cada una según las necesidades específicas de la caldera del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala.

B. Diseño del cuarto de calderas

El diseño del cuarto de calderas incluye las dimensiones del recinto, la ubicación de salidas y ventanas, distribución del equipo (caldera, tratamiento de agua, tanque de combustible), servicios (agua, drenajes, electricidad), ubicación de equipo contra incendios (sprinklers, extintores, etc.), ubicación del manifold para la distribución de vapor en tres de las áreas del Laboratorio de Operaciones Unitarias (área de transferencia de masa, área de transferencia de calor y área de alimentos), grosor y material de construcción de paredes, material de construcción de pisos, material de construcción del techo. Por último se debe determinar el tipo de construcción aconsejable para que dirija una explosión de la caldera hacia arriba, en vez de que sea en dirección lateral.

C. Evaluación económica

Como todo proyecto, la construcción del cuarto de calderas representa una inversión. Así, se hará una evaluación del impacto económico que representa la adquisición de los materiales y la mano de obra que se requieren para la construcción de dicho recinto.

D. Presentación del proyecto.

Presentación de los planos del diseño así como de los costos que implica la construcción del mismo. Los planos incluyen el diseño estructural, drenajes y plomería así como cableado eléctrico.

E. Construcción del cuarto de calderas

Se procede a construir el cuarto de calderas de acuerdo al diseño propuesto.

F. Desmontaje de la caldera

Desmontar y desensamblar todos los equipos auxiliares tales como: equipo para el tratamiento de agua, tanque auxiliar de combustible, bomba de alimentación, etc.

G. Traslado de la caldera

En el traslado de la caldera se debe considerar el transporte del mismo por un montacargas de 5 toneladas de capacidad, como mínimo. Se debe realizar un contrato por servicio de traslado.

H. Montaje de la caldera

Montar la caldera en su ubicación final, cuidando que ésta quede completamente operable, incluyendo los servicios de agua y luz. Adicionalmente se debe dejar en operación el tanque auxiliar de combustible, el equipo de tratamiento de agua de caldera y el manifold.

VI. RESULTADOS

Tabla No. 4.

Costos de materiales de construcción y mano de obra civil.

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
1	Topografía y trazo	Q500.00	Q500.00
1	Limpia y chapeo	Q2,000.00	Q2,000.00
4 m ³	Excavación y cimentación	Q1,200.00	Q4,800.00
73.71 m ²	Levantado de paredes y soleras	Q390.00	Q28,746.90
41.59 m ²	Techo de lámina	Q295.00	Q11,645.20
39.68 m ³	Relleno con selecto	Q70.00	Q2,777.60
39.68 m ³	Fundición de piso de concreto	Q300.00	Q11,904.00
4	Instalaciones eléctricas	Q350.00	Q1,400.00
2	Instalaciones hidráulicas	Q300.00	Q600.00
1	Limpieza y entrega	Q1,000.00	Q1,000.00

Tabla No. 5.

Costos de extintores y rotulación de seguridad.

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
2	Extintores portátiles de polvo químico ABC 10 lb	Q456.40	Q912.80
2	Pictogramas de ubicación de extintores	Q23.00	Q46.00
1	Rótulo de restricción de paso	Q93.15	Q93.15

Tabla No. 6.

Costos de iluminación.

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
2	Base fluorescente slim juego	Q8.90	Q17.80
4	Candelas fluorescentes de 75 W tipo DL	Q13.23	Q52.92

Tabla No. 7.
Costos de traslado de caldera y equipo auxiliar.

Cantidad	Descripción	Precio/hora	Total
1	Alquiler de montacargas de 5 toneladas	Q335.00	Q335.00

Tabla No. 8.
Costos de tubería y accesorios.

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
10	Tubos de 1" de hierro negro, cédula 40, sin costura	Q366.66	Q3,666.60
66	Cañuela de 1" (60 metros)	Q48.90	Q3,227.40
1	Trampa de vapor de cubeta invertida de 1/2" (125 psi)	Q786.76	Q786.76
1	Manómetro vertical inoxidable 0-200 psi raíz 1/4", carátula 2-11/2"	Q666.45	Q666.45
1	Válvula de alivio de bronce para 10.3 bar de 1/2" x 3/4"	Q1,612.72	Q1,612.72
1	Válvula de bola de acero de carbón de 1/2"	Q140.83	Q140.83
4	Reductor de campana de hierro negro de 2" a 1"	Q31.54	Q126.16
8	Niples de hierro negro de 2" x 3"	Q24.30	Q194.40
4	Unión universal de hierro negro de 2"	Q50.10	Q200.40
4	Válvula de globo con asiento de teflón para 150 psi vapor	Q231.00	Q924.00
4	Unión universal de hierro negro de 1"	Q18.79	Q75.16
4	Niples de hierro negro 1" x 3"	Q15.48	Q61.92

Tabla No. 9.
Costo de fabricación e instalación de puerta contra explosiones.

Cantidad	Descripción	Precio	Total
1	Puerta anti-explosiva encajuelada, con estructura de hierro negro sólido de angular de 2" x 1/8", montada sobre lámina de hierro negro de 1/8" de espesor. Doble hoja.	Q3,450.00	Q3,450.00

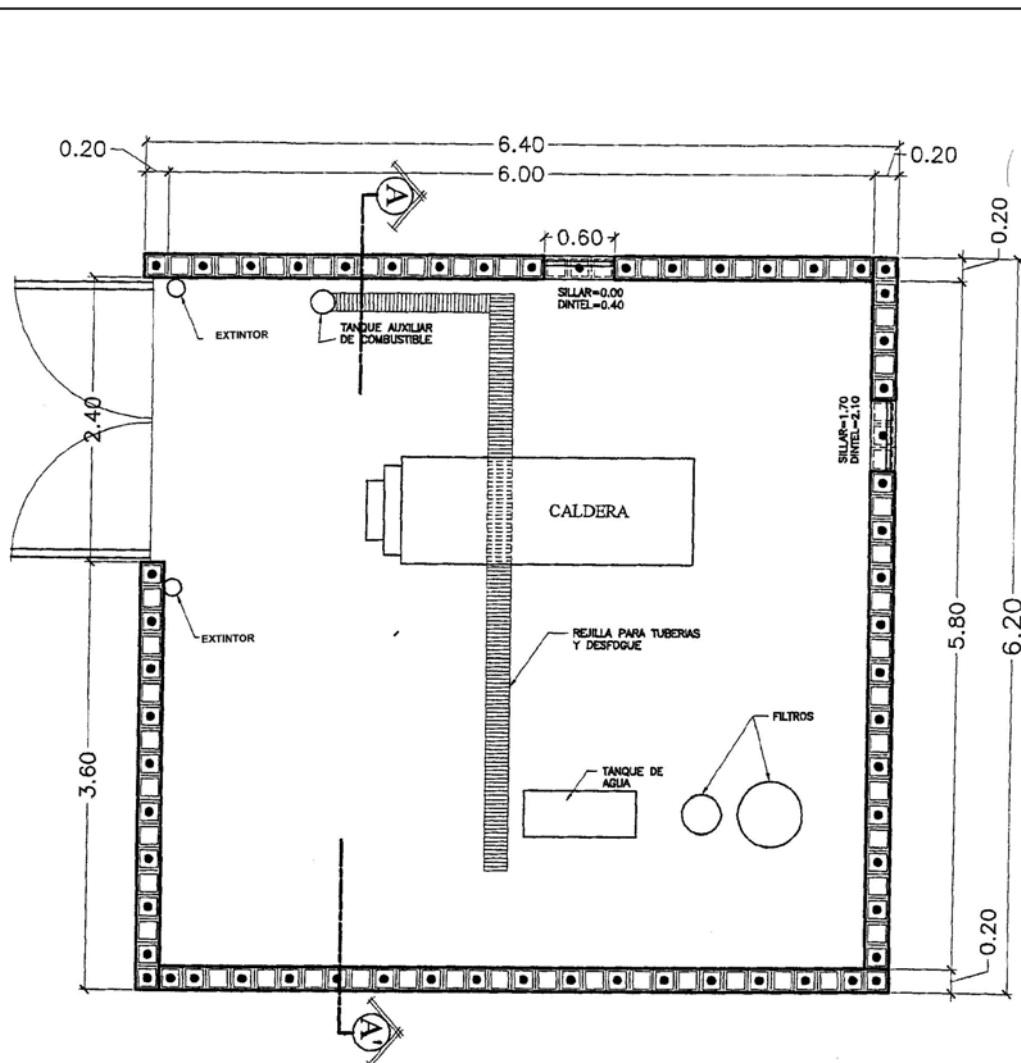
Tabla No. 10.
Costo de fabricación de ventanales.

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
2	Ventanales abatibles en hierro negro de 1/8" de espesor en medidas de 0.40 x 0.50 cm	Q487.50	Q975.00

Tabla No. 11.
Costo Total de la construcción del cuarto de calderas.

Cantidad	Descripción	Total
1	Cuarto de Calderas para la caldera del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala	Q82,439.17

Plano 1. Planta de cuarto de calderas.



PLANTA DE CUARTO DE CALDERAS

escala 1/50

UNIVERSIDAD DEL VALLE
DE GUATEMALA

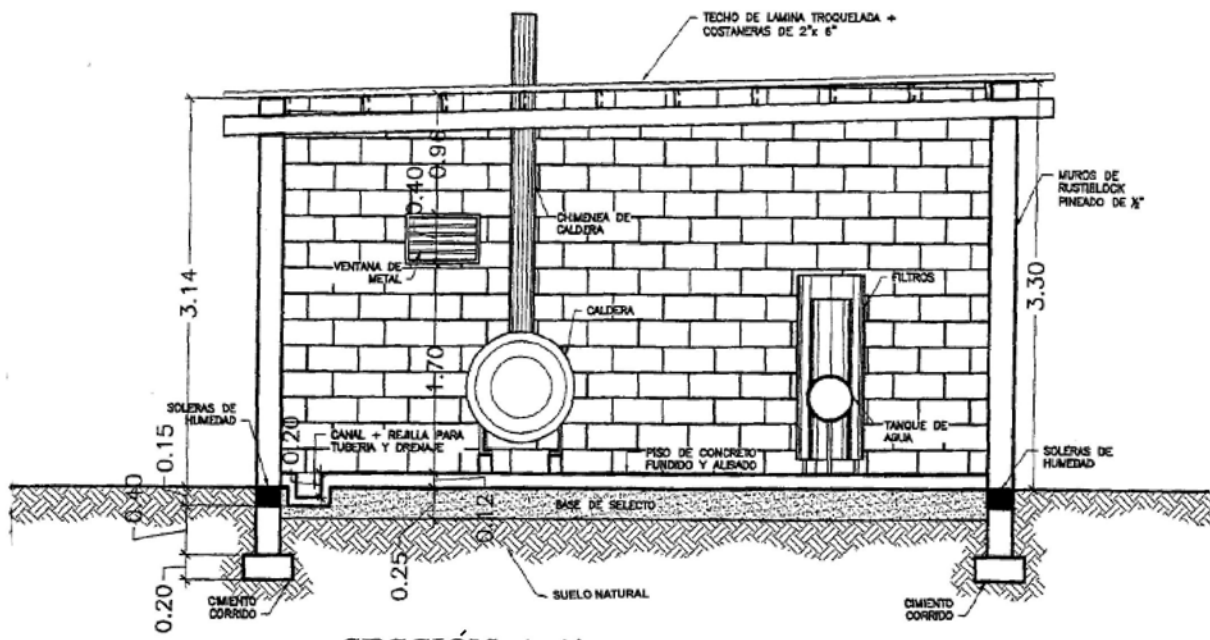
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO:
DISEÑO DEL CUARTO DE
CALDERAS PARA EL LABORATORIO
DE OPERACIONES UNITARIAS

FECHA:
NOV. 2003

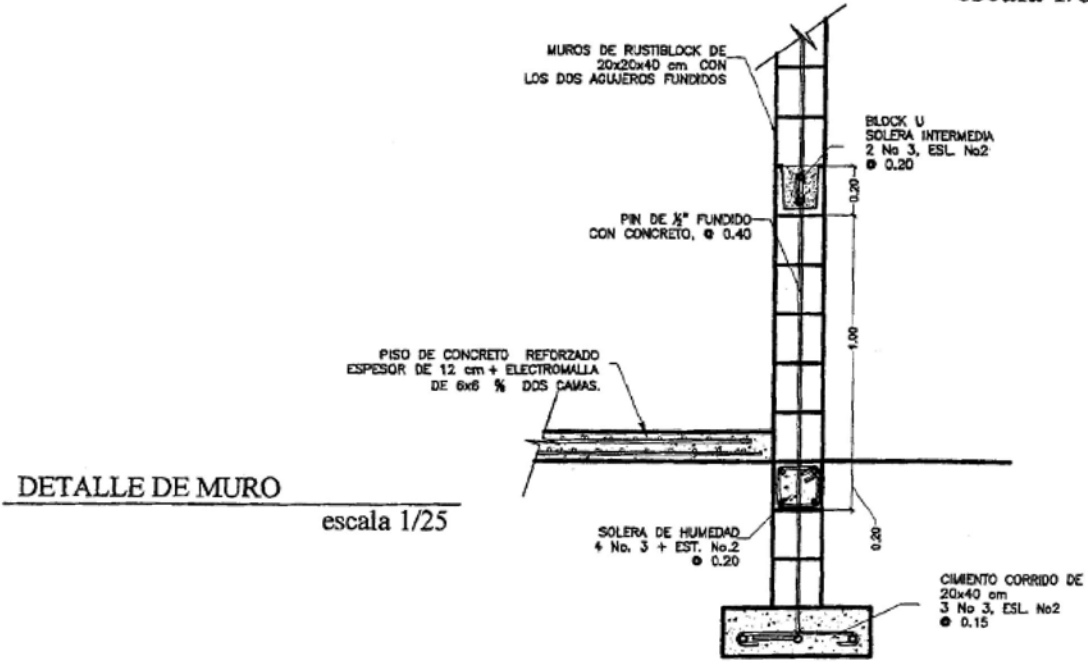
ESCALA:
1/50

Plano 2. Detalle del muro.



SECCIÓN A-A'

escala 1/50

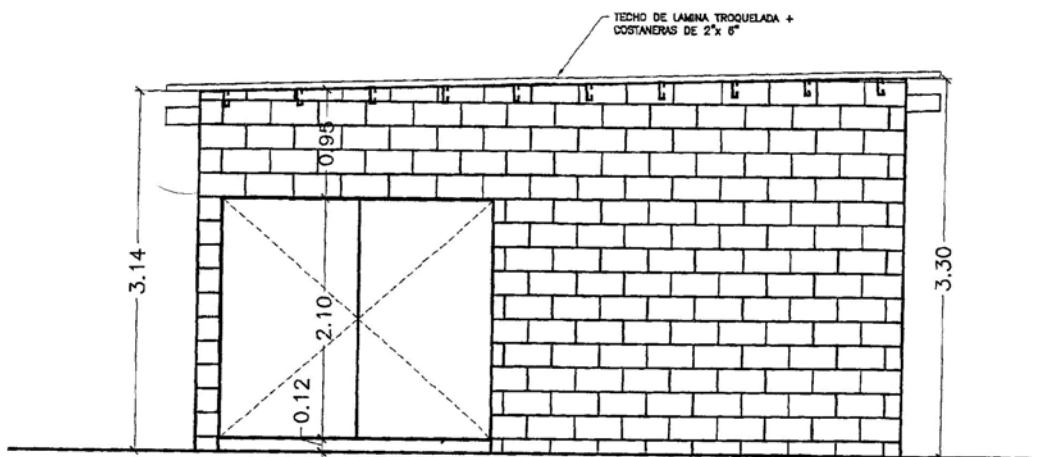


DETALLE DE MURO

escala 1/25

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA	PROYECTO: DISEÑO DEL CUARTO DE CALDERAS PARA EL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS	FECHA: NOV. 2003
			ESCALA: 1/50

Plano 3. Elevación principal del cuarto de calderas.



ELEVACIÓN PRINCIPAL CUARTO DE CALDERAS

escala 1/50

ESPECIFICACIONES DEL CUARTO DE CALDERAS

- Cimiento corrido de 0.20 x 0.40 con 3 No. 3 + eslabón de $\frac{1}{4}$ " a cada 0.15
- Levantado de Rustiblock de 50 kg (BLOTECA) pineado y cada agujero fundido pin de $\frac{1}{2}$ " a cada 0.40 fundido.
- Base de selecto de 0.25 m compactado al 98 % de Proctor estándar.
- Piso alisado y pulido de concreto reforzado de 0.12 m con dos capas de electromalla de 6x6 %, el concreto debe ser alisado al momento de fundirse.
- Canal de concreto de 0.20 x 0.20 + rejilla de metal para tuberías y drenaje de la caldera.
- Puerta de metal de 2.40 x 2.10 m (doble hoja) encajuelada, fabricada en estructura de hierro negro sólido, de angular de 2 x $\frac{1}{8}$ ", montada sobre lámina de hierro negro de $\frac{1}{8}$ " de espesor.
- Ventanas de persiana metálica de 0.40 x 0.50 m fijas.
- Techo de estructura metálica (costaneras de 2" x 6") + lámina troquelada.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA	PROYECTO: DISEÑO DEL CUARTO DE CALDERAS PARA EL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS	FECHA: NOV. 2003
			ESCALA: 1/50

VII. DISCUSIÓN

Siendo una entidad educativa, la Universidad del Valle de Guatemala debe sentar las bases de las Buenas Prácticas de Manufactura y cumplir y respetar las normas nacionales e internacionales que rigen la seguridad industrial. El traslado de la caldera del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala es indispensable para disminuir el riesgo que representa permanecer en los alrededores de un equipo que se encuentra presurizado, y el cual puede resultar en una explosión, poniendo en peligro a los alumnos y el personal administrativo que labora en este sitio. Si ocurriese una explosión en las condiciones actuales de distribución, se destruiría el Edificio E con todo el equipo del Laboratorio así como las oficinas administrativas que aquí se encuentran (Plano de la distribución actual del equipo dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias, página 52).

Guatemala no cuenta con una normativa específica para la construcción de un cuarto de calderas. No obstante, el Artículo 27, Capítulo II del Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, IGSS, manifiesta que cualquier aspecto de seguridad que concierne a una caldera de vapor se regirá a partir de reglamentos especiales. Por esta razón se recurrió a aquellas normas establecidas por entidades como NIOSH, OSHA, ASME y ANSI. Estos requerimientos, de los cuales se partió para el diseño del cuarto de calderas de la caldera de la Universidad del Valle de Guatemala, incluyen la capacidad de la caldera, el equipo auxiliar para su operación así como los alrededores del recinto. La caldera en cuestión es marca Cleaver-Brooks y tiene una capacidad de 15 HP. Adicionalmente, el equipo auxiliar incluye aquél para el tratamiento de agua de caldera y el tanque auxiliar de combustible.

Al ubicar la caldera y su equipo auxiliar en un área específica para su operación y mantenimiento, el acceso a terceras personas será restringido. Con esto se asegura que únicamente personas en capacidad para operar y trabajar cerca o en los alrededores de la caldera serán autorizadas a ingresar. Los estudiantes tendrán acceso a este recinto siempre y cuando estén autorizados y/o acompañados por una persona calificada que además supervisará las prácticas realizadas con este equipo.

Antes de realizar el diseño fue necesario determinar el área así como el lugar disponible para la construcción del cuarto de calderas. Este espacio se encuentra contiguo al área de estacionamiento que corresponde al Edificio E. Cabe mencionar que además se debe demoler la construcción del cuarto designado al almacenaje de desechos de laboratorio que son responsabilidad del Edificio C. Esto con el fin de reducir el riesgo por explosión de estos materiales

así como para aumentar el área disponible para la construcción, y por ende, permitir una mejor distribución de la caldera y el equipo auxiliar. Se estableció que el área máxima libre es de 12.35 por 5 metros, respectivamente, que equivalen a 61.75 m².

De acuerdo a las especificaciones de la Figura 1, la distancia recomendada entre el cuarto de calderas y la rampa peatonal (considerado un vecino, riesgo del tipo 1) es de 14 metros. Por otro lado, la distancia recomendada entre el paso interior del usuario (el acceso a través de la persiana), es de 6 metros. Sin embargo, el área con que se dispone no tiene estas longitudes. A pesar de estas limitaciones, el diseño propuesto proveerá de una solución para las condiciones con que se cuenta actualmente en las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala.

Puesto que el cuarto de calderas colindaría con un área de riesgo, es decir, el Laboratorio de Operaciones Unitarias, las especificaciones se siguieron de acuerdo a las expuestas en la Tabla No. 2: "Distancias mínimas entre el Riesgo y espesor de muros en Cuartos de Calderas" (página 30). Con estos valores es posible determinar el espesor requerido para que las paredes de la construcción sean resistentes en el caso de una explosión. De esta manera se protegeran los bienes dentro del Laboratorio y las aulas del Edificio E. Adicionalmente, en el evento de una explosión, los daños serán confinados al cuarto de calderas, reduciendo la destrucción en los alrededores, incluyendo el Laboratorio de Operaciones Unitarias, las oficinas administrativas del Edificio E y la rampa de acceso a dicho edificio. Adicionalmente se sugiere un techo de un material más débil para obligar a la onda expansiva a salir hacia arriba y disminuir la posibilidad de que la explosión se dirija hacia los lados. Cabe mencionar que el techo no tendrá encima pisos habitables.

Los materiales de construcción seleccionados incluyen Rustiblock de 50 kg, pineado y fundido en cada agujero para las paredes, concreto pulido para los pisos y lámina troquelada para el techo. No se trabajó con concreto armado ya que una construcción de este tipo requiere de más tiempo, más trabajo e implica gastos mayores. Las características del Rustiblock son las adecuadas para ofrecer una construcción segura para el tipo de equipo que se va a salvaguardar. El concreto pulido para el piso permite realizar una mejor limpieza del mismo en el evento de un derrame de materiales químicos o combustibles.

El cuarto debe tener un acceso que además ofrezca seguridad en el momento de algún percance. Para ello se seleccionó una puerta resistente a explosiones la cual es encajuelada, con una estructura de hierro negro de angular de $0.05 \times 3.2 \cdot 10^{-3}$ m (2 x 1/8 in), montada sobre lámina de hierro negro de $3.2 \cdot 10^{-3}$ m (1/8 in) de espesor. Esto asegura que la onda expansiva se dirija hacia el techo de la edificación. La puerta debe ser de dos hojas para permitir el ingreso y egreso del equipo fácilmente.

Para poder lograr la renovación constante del aire dentro del cuarto de calderas, se consideró la necesidad de incluir dos aberturas de 0.40 x 0.60 metros, respectivamente. Éstas se ubicaron en la parte superior e inferior del cuarto de calderas (Planta de Cuarto de Calderas, página 40). La abertura superior remueve el aire utilizado del cuarto. La abertura inferior, por otro lado, permite el ingreso del aire para una mejor combustión, además de renovarlo. El material sugerido es de hierro negro, en forma de persianas, para permitir el flujo libre del aire. Las ventanas deben ser fijas como medida de seguridad para restringir el acceso.

La chimenea de la caldera tendrá las mismas dimensiones con las que cuenta actualmente puesto que una más corta contaminaría el laboratorio de humo y cenizas. Adicionalmente, por estar ubicada en un área residencial, el humo debe ser expelido a esta misma altura para evitar molestias a los vecinos.

En medidas de protección contra incendios, no existe una legislación nacional aplicable al cuarto de calderas. Sin embargo, se deben colocar extintores portátiles que provean de un método eficiente para la erradicación de incendios, en caso se presentara uno. El emplazamiento de los extintores permitirá su fácil visibilidad y accesibilidad, y se situarán próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y sobre soportes fijados verticalmente, de modo que la parte superior del extintor quede, como máximo, a 1.70 metros sobre el suelo. Los extintores portátiles serán de polvo químico, el cual no se recomienda para utilizarse sobre equipo eléctrico. Se pueden colocar extintores de dióxido de carbono en lugar de los propuestos, aunque cabe mencionar que una descarga de este compuesto puede llegar a producir humedad que también resultará en daño del equipo, además que su costo es mayor. Se dispondrá de dos unidades de extintores de polvo químico polivalente de 4.5 kg (10 lb) y con presión incorporada, ubicados en la entrada del recinto y cerca del equipo en cuestión, respectivamente. La ubicación de cada extintor será señalizada con el debido pictograma.

Para no incurrir en gastos extras de materiales, la sala de calderas se distribuyó de tal forma que no fuera necesario agregar tubería así como accesorios. Así, la distribución del equipo queda igual que la del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

Colocar un manifold presenta una serie de ventajas en el momento de operación del sistema de transporte de vapor. En primer lugar, se pronostica un ahorro de energía puesto que cada salida distribuirá el vapor a un área definida del Laboratorio de Operaciones Unitarias. De esta manera no será necesario que toda la tubería se sature de vapor antes de poder suplirlo al equipo deseado. El manifold se colocará dentro del Laboratorio para tener una mejor accesibilidad y así poder controlar el flujo del vapor. Las áreas independientes a las que se les proveerá de vapor corresponden al área de transferencia de masa (torre de destilación, evaporador y columna

de absorción), área de transferencia de calor (intercambiador de placas e intercambiador de concha y tubo) y el área de alimentos (escaldador, marmita, exhaustor y autoclave).

Para que dicho accesorio cumpla con su función, se requiere de la instalación de una trampa de vapor. Se hizo la comparación entre las del tipo termodinámico y las de cubeta invertida y se recomienda adquirir la de cubeta invertida. La diferencia de precios es de casi un 50% (véase cotizaciones en la sección de Anexos, página 55) y ambos tipos ofrecen las mismas funciones. Adicionalmente, la trampa del tipo de cubeta invertida permite una mayor facilidad de drenaje disminuyendo la posibilidad de acumulación de suciedad.

A pesar que los gastos que se requieren para la construcción de un cuarto de calderas son elevados (Tabla No. 11, página 39), debe considerárseles como una inversión puesto que de ello dependen la seguridad tanto del equipo dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias así como de las vidas humanas que constantemente hacen uso de estas instalaciones y sus alrededores. Con la construcción de un cuarto de calderas, se asegura el equipo dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias, las oficinas administrativas y salones en el Edificio E, y las personas que circulan en las proximidades de este edificio (Plano No. 5, Distribución de Edificios alrededor del Edificio E, página 53).

VIII. CONCLUSIONES

A. El cuarto de calderas de la Universidad del Valle de Guatemala debe tener 6.20 por 6.40 metros, respectivamente, con paredes de 3 metros de altura y contar con dos aberturas de ventilación y una puerta anti-explosiones.

B. El costo al que se debe incurrir para construir el cuarto de calderas que cumple con las normas mínimas de seguridad impuestas por entidades internacionales como OSHA, NIOSH, ASME y que cumple con el Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo del IGSS, es de Q82,439.17 más un diez por ciento (10%) de margen de seguridad.

C. El material a utilizar para las paredes del cuarto de calderas para la caldera del Laboratorio de Operaciones Unitarias es Rustiblock de 50 kg, pineado y fundido en cada agujero, ya que éstas pueden soportar cualquier incidente, entre los cuales se puede mencionar la explosión de la caldera.

D. El techo del cuarto de calderas debe ser de un material ligero para obligar a la onda expansiva provocada por una explosión a salir por arriba. Por ello se recomienda como material para su construcción, lámina troquelada.

E. La puerta de acceso al cuarto de calderas debe ser anti-explosiva por lo que debe tener una estructura metálica de hierro negro, encajuelada y montada sobre una lámina de hierro negro.

F. Las trampas de vapor que se deben colocar en el manifold deben ser de cubeta invertida por ser de un menor costo en comparación con las del tipo termodinámico.

IX. RECOMENDACIONES

A. Las aberturas o ventanas deben cubrirse con persianas de metal que sean fijas. En este trabajo se consideró ventanales abatibles, que no es lo más apropiado pues no permiten el flujo libre del aire. De igual forma no se recomienda colocar ningún tipo de malla tipo mesh para cubrir dichas aberturas, ya que éstas se pueden obstruir interrumpiendo así el flujo del aire.

B. Se debe crear un programa de capacitación para el personal que trabaja directamente con la caldera y que además será el encargado de supervisar las prácticas que se realicen con este equipo. Adicionalmente, se debe llevar una bitácora de entrada y salida al cuarto de calderas, para llevar un control del ingreso y egreso del personal de la Universidad así como de los estudiantes.

C. Se debe colocar una estructura de refuerzo con tensores para sujetar la chimenea.

D. Los vidrios que tiene el Laboratorio de Operaciones Unitarias se deben cambiar por vidrios plásticos o una película plástica protectora. En el evento de una explosión, los vidrios seguramente sufrirán fracturas que pueden resultar en accidentes serios para las personas que se encuentren en las vecindades.

E. Las bases de montaje de la caldera deben ir fundidas.

F. Para poder construir el cuarto de calderas propuesto, se recomienda eliminar el parqueo administrativo contiguo al Edificio E.

G. Instalar un sistema de alarma contra incendios que incluya detectores de humo y alarmas de pánico.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Alzati, S. 1933. *Calderas de Vapor*. Editorial Patria, S.A., México D.F.
2. *Boiler Safety for Low Pressure and High Pressure Boilers*. 2000. CSEA Occupational Safety & Health Department. Albany, New York.
3. Boletín 320S. *Armstrong Solution Source for Steam, Air and Water Systems*. Versión CD-ROM.
4. Christensen, W. Y F. Manuele. 1999. *Safety Through Design*. Primera Edición. ASME Press, Estados Unidos.
5. *Cleaver-Brooks. Your Boiler Room Guide*. 1997. U.S.A.
6. Cote, A. y J. Linville. 1990. *Industrial Fire Hazards Handbook*. 3 ed. National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, MA.
7. Estación Experimental de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Georgia. *Mejoramiento de la Eficiencia de Calderas de Vapor*. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, ICAITI. Georgia. 1981.
8. Factory Mutual Research Corporation. *Elements of Combustion, Controls, and Safeguards in Industrial Heating Equipment, Loss Prevention Data 6-0*. Factory Mutual Research Corp., Norwood, MA.
9. Higgins, A. 1945. *Boiler Room Questions and Answers*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
10. ITSEMAP MEXICO, Servicios Tecnológicos MAPFRE, Departamento de Manejo y Administración de Riesgos.
11. Konz, S. 2001. *Diseño de Instalaciones Industriales*. Editorial Limusa, S.A. de C.V., México
12. López Bátiz, O. 1994. *Estructuras de Concreto Reforzado: Aspectos Fundamentales sobre Elementos Vigas y Columna, Comentarios sobre Estructuras de Cimentación*. México, D.F. Versión electrónica: <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc9208/doc9208.htm>
13. *Reglamento General Sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo*. Instituto Guatemalteco de

Seguridad Social. Palacio Nacional: Guatemala, 28 de diciembre, 1957.

14. http://www.moon.com.mx/productos/trampas/body_trampas.html

XI. ANEXOS

Ilustración No. 2.

Distribución actual de la caldera dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias.



Ilustración No. 3.

Área disponible para la construcción del cuarto de calderas.



Ilustración No. 4.

Plano de la distribución actual del equipo dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

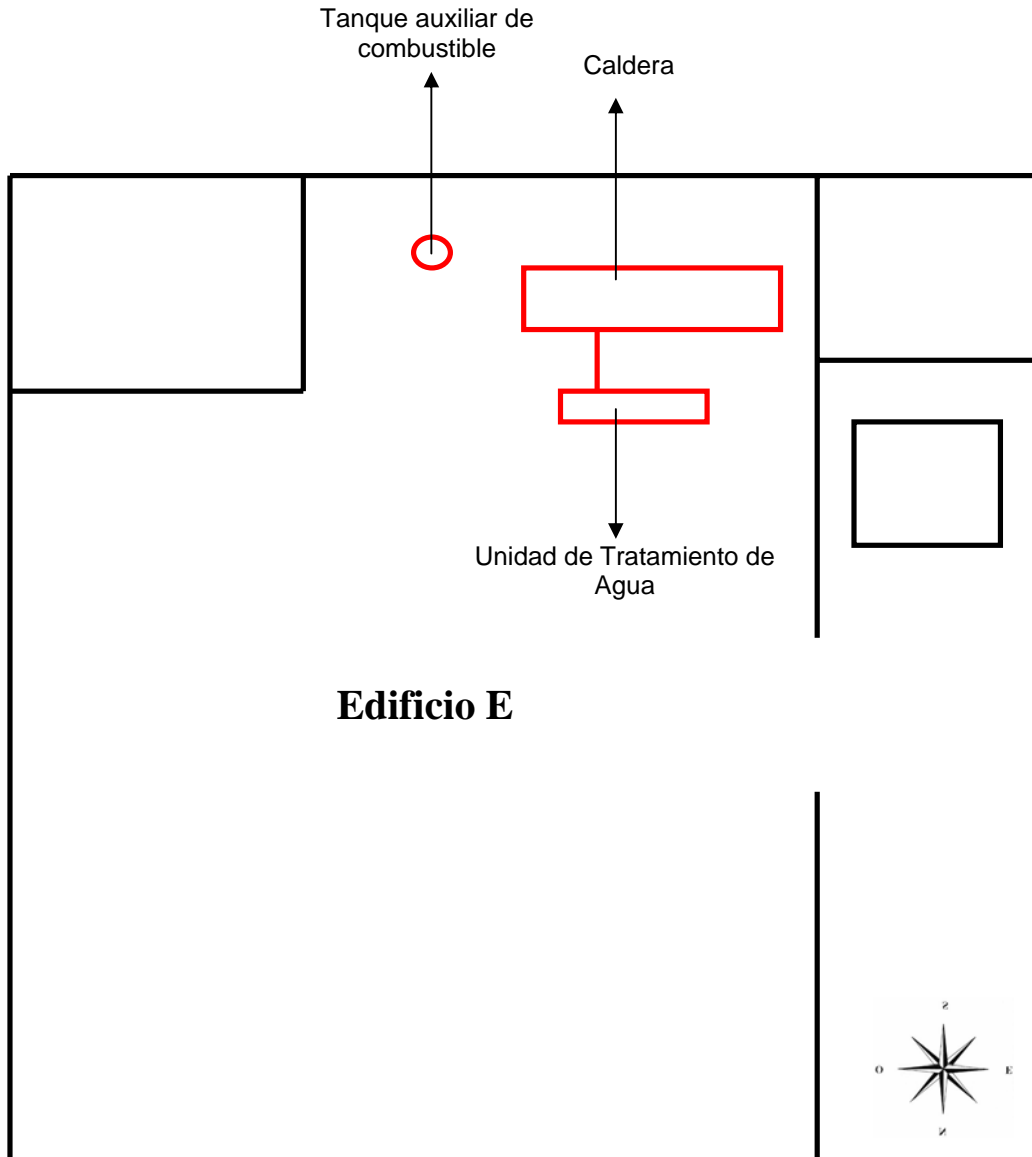
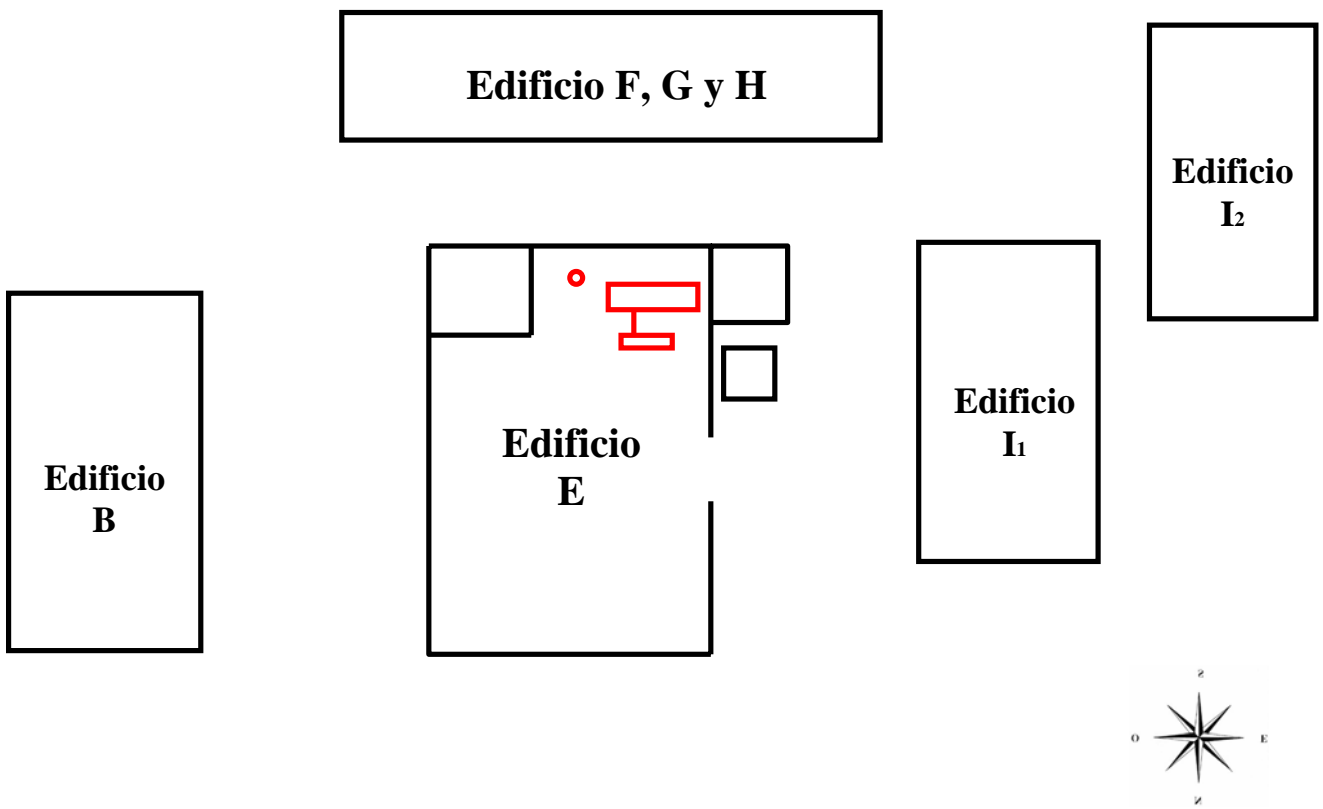


Ilustración No. 5
Distribución de edificios alrededor del Edificio E.



COTIZACIONES

ALVULAS Y TUBOS DE GUATEMALA, S. A. VALTUBGUA
 10a. Av. 4-70, Zona 15, Col. Lobo Contreras, Ciudad de Guatemala, Guatemala, G. G.
 Tel/Fax (BB): 369-6175 e-mail: valtubgua@iteigua.com

COTIZACIÓN No.: 19,231

Fecha: 23 de Septiembre de 2003

Cliente: 972
 C.I.: 1751750-3
 Empresa: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
 P.O. Box: 18 AV. 11-95, ZONA 15 VISTA HERMOSA 111
 C.A.: 364-0003
 Atendido por: MARINA DEL PILAR SARGI
 Empresa: TUBERIA Y ACCESORIOS HIERRO NEGRO

Sometemos a su consideración nuestra cotización por lo siguiente:

Item	Cantidad	Descripción del artículo	Precio Unif.	Valor línea
254801020	100	TUBO AP.CARRON SCH-40 ASTM-A106 GRADO-B SIN-COST 1" X 20-PIES	366.66	3,666.66
B-TMSJN6005	1	TRAPPA TERMODINAMICA AC.INOX-316 600-PSIG NPT SP.SARGI (052 1/2"	1,457.85	1,457.85
S-YLWY205	3	TRAPPA CURETA-1W1 H.S. 1/2" 250PSI/6145004 NPT SPYMAX.5 DIA 1/2"	786.76	2,360.28
V37C0225	2	MANOMETRO VER INOX 0-200PSI 1/8"/CM2 NPT 1/4" CAN 2-1/2" 0.400	333.25	666.50
S-51W150527	1	VALV SEGURIDAD BR 150SWP/10.3-bar NPT SPIRAX SWALS 1/2" X 3/4"	1,412.72	1,412.72
B-22N1105	1	VALV BOLA AC.CARBON-WCB 1000-WOB ROSCA-NPT 1PZ URRFA 201AC 1/2"	140.83	140.83
D6N152010	4	RED CAMPANA HIERRO-NEGRO 150SWP 300WOB ROSCA-NPT 2" A 1"	31.54	126.16
254820030	23	NIFLE AC.CARBON SCH-40 ASTM-A106 GRADO-B 5/8" X 3"	8.43	194.00
AN1520	4	UNION UNIVERSAL HIERRO-NEGRO 150SWP 300WOB ROSCA-NPT 2"	50.10	200.40
N-590T05	4	VALV GLOBO BRONCE 150SWP 300WOB NPT MILWAUKEE 590T 1/2"	231.00	924.00
6N1510	4	UNION UNIVERSAL HIERRO-NEGRO 150SWP 300WOB ROSCA-NPT 1"	18.79	75.16
254810030	4	NIFLE CS C-40 ASTM-A106 GR 5/8" X 3"	15.40	61.60
	66	CANUELA FIBRA DE VIDRIO 1" X 1" X 3' (60MTS)	48.94	3,227.64

Sub-Total: 13,140.65

(-) 25.00% DESCUENTO: 3,285.16

TOTAL: 9,855.49

Condiciones :

Condiciones pago :

PAGO CONTADO

Tiempo de Entrega : INMEDIATA

Modo de Precios: SUJETO A VENTA DE EXISTENCIAS

Transportado por : NUESTRO TRANSPORTE

Lugar de entrega : BOLEGAS VALTUBGUA

ROLANDO GOMEZ
 DEPTO. DE VENTAS



SERVICIOS GENERALES INDUSTRIALES, S.A.
SEGEISA
 TUBERIA, VALVULAS Y ACERO INOXIDABLE
 7a. Calle "A" 4-55, Zona 10
 PBX: 334 1912 / 332-8308
 334-1998 / 334-1899 / 332-9893 Fax: 332-8307
 Guatemala, C.A.
 E-mail: segelsa@hotmail.com

COTIZACION 012435

FECHA: 23 Sept. 2003

CLIENTE NUEVO O ANTIGUO: NUEVO ANTIGUO

FORMA DE PAGO: a convenir

VENDEDOR: Karina Lima

PRODUCTO: Varier

TRANSPORTE: Nuestro

CLIENTE: Universidad del Valle

DIRECCION: Atte. Maria Pilar Dasos

NIT:

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
10	Tubo HN ced 40 s/ costura de 1"	Q 160.00	1,600.00
01	Trampa de Cubeta Invertida de 1/2" P/125	Q 790.00	790.00
01	Valvula de bola de 1/2" HN	Q 138.78	138.78
04	Red. Campana ROS. de 2" a 1" HN	Q 35.00	140.00
08	Nipple HN de 2" x 3"	Q 28.00	224.00
04	Nipple HN de 1" x 3"	Q 18.00	72.00
04	Union Universal de HN de 2"	Q 52.00	208.00
04	Union Universal de HN de 1"	Q 20.00	80.00
01	Valvula de globo de 1/2" asiento de teflon P/ISO vapor	Q 245.00	245.00
01	Manometro de 0-200 Raiz 1/4" Caratula 2 1/2 glicerin	Q 165.00	165.00
	TOTAL	Q	3,662.78

COTIZACION VALIDA 3 DIAS

ACEPTADO POR _____



SERVICIO DE:
Plomería, Estructura Metálica,
Obra Civil, Soldadura Autógena y Eléctrica,
Pintura, Carpintería, Electricidad, Tabla Yeso,
Cielo Falso, Aire Acondicionado y
Todo Relacionado al Bano.

COTIZACIÓN

Nº 00928

14 Calle 31-62, Zona 7, Cdi. San Martín
Tel. / Fax: 433-3378
E-mail: manserqi@yahoo.com

DIA 31 MES 10 AÑO 2003

ATENCION SRITA. PILAR GAROZ

SEÑORES: UNIVERSIDAD DEL VALLE.

DIRECCION: GUATEMALA

COTIZAMOS A USTEDES LO SIGUIENTE:

CANTIDAD	DESCRIPCION
	<p>Ventanales abatibles</p> <ul style="list-style-type: none"> Fabricación de 02 ventanales abatibles en hierro negro, debidamente cubiertos de lámina de hierro negro de 1/8" de espesor, en medidas de 0.40 x 0.50 metros, con su respectivo margo de angular. Pintada e instalada. <p>Precio: Q 975.00</p>

ENTREGADO POR:

RECIBI CONFORME (NOMBRE)

RECIBI CONFORME (FIRMA)

IMPRESO EN R.A. TEL: 437-3799 • 437-3303

Oct. 31 2003 03:43PM P2

FAX NO. : 439 7337--

FROM : Fz



SERVICIO DE:
 Plomería, Estructura Metálica,
 Obra Civil, Soldadura Autógena y Eléctrica,
 Pintura, Carpintería, Electricidad, Tabla Yeso,
 Cielo Falso, Aire Acondicionado y
 Todo Repuesto Relacionado al Ramo.

COTIZACION

Nº 00927

14 Calle 31-82, Zona 7, Col. San Martín
 Tel. / Fax: 433-3378
 E-mail: mansergt@yahoo.com

DIA 31	MES 10	AÑO 2003
-----------	-----------	-------------

ATENCION SRITA. PILAR GAROZ

SEÑORES: **UNIVERSIDAD DEL VALLE.**

DIRECCION: **GUATEMALA**

COTIZAMOS A USTEDES LO SIGUIENTE:

CANTIDAD	DESCRIPCION
	<p>Puerta anti-explosiva área de calderas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puerta abatible de 1.20 x 2.10, reforzada anti-exposición encajuelada, toda fabricada en estructura de hierro negro sólida de angular de 02" x 1/8", montada sobre dicha estructura, lámina de hierro negro de 1/8" de espesor. • El batiente de cada hoja es de 02" de grosor. • Con su chapa yafe, respectivamente. • Pintada e instalada. <p>Precio: Q 3,450.00</p>

ENTREGADO POR:

RECIBI CONFORME (NOMBRE)

RECIBI CONFORME (FIRMA)

IMPRESORA TEL: 437-5795 • 437 380

Oct. 31 2003 03:42PM Pt

FRAX NO. : 439 7337--

FROM : Fz



Geotecnia y Cimentaciones, S.A.

Guatemala 28 de Octubre de 2003

Señores
DEPTO. INGENIERIA QUIMICA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
 Presente

Atención: Ing. María del Pilar Garoz

Asunto: **Construcción de Cuarto de Calderas para Laboratorio de Operaciones Unitarias.**

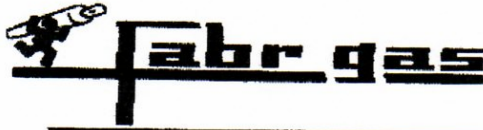
Ing. Maria del Pilar Garoz.

Adjunto sírvase encontrar el cuadro de cantidades, según plano enviado por usted, para la construcción del Cuarto de Calderas.

Renglon	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
1.0	Topografía y Trazo	1.00	Global	Q500.00	Q500.00
2.0	Limpia y Chapeo	1.00	Global	Q2,000.00	Q2,000.00
3.0	Excavación y Cimentación	4.00	m3	Q1,200.00	Q4,800.00
4.0	Levantado Paredes y Soleras	73.71	m2	Q390.00	Q28,746.90
5.0	Techo de Lamina	41.59	m2	Q295.00	Q11,645.20
6.0	Relleno con Selecto	39.68	m3	Q70.00	Q2,777.60
7.0	Fundición de Piso de Concreto	36.68	m2	Q300.00	Q11,004.00
8.0	Instalaciones Eléctricas	4.00	unidades	Q350.00	Q1,400.00
9.0	Instalaciones Hidráulicas	2.00	unidades	Q300.00	Q600.00
10.0	Limpieza y Entrega	1.00	Global	Q1,000.00	Q1,000.00
					Q65,373.70

Favor tomar en consideración los siguientes puntos:

- El tipo de block a utilizar es Rustiblock de 19 cm x 19 cm x 39 cm con una resistencia a la compresión de 50 kg/cm²
- Las instalaciones hidráulicas no incluyen conexión a pozo de absorción o red municipal.
- El acabado del piso es alizado.
- El techo es de lámina troquelada de calibre 24 con una estructura de costaneras de 2 x 6 x 1/4.



DEPARTAMENTO DE VENTAS

41 Calle 6 27 Zona 8
 (502) 440-9696 fax (502) 440-9686
 Extensiones 284, 278, 273
 e-mail: ventas2@fabrigas.com

Documento No. 0031
 Guatemala, 16 de Octubre 2003

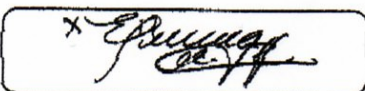
PROFORMA

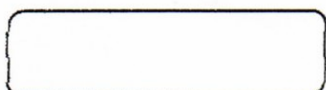
Nombre: UNIVERSIDAD DEL VALLE Direccion: <u>Ciudad</u> Telefono: _____ Fax: 436-9682 Atencion: PEAR GAROZ Referencia: EC 0031	Condiciones de la Oferta Vigencia de Precios: 5 dias Condiciones de Pago: CONTADO Descuento: _____ Tiempo de Entrega: 2 Semanas
---	---

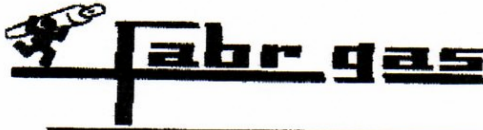
Cantidad	Unidad	Estilo	Descripcion	Precio Unitario	TOTAL
2	Each	Unico	Extintores de 10 libras polvo químico seco para fuegos tipo ABC, fabricación Americana marca Kidde aprobados por las normas internacionales de seguridad UL/FM, recargables.	Q 456.40	Q 912.80

Observaciones:

Sub-total	Q	912.80
Recargo por Envío		
Otros		
Descuento	Q	-
Total Cotizacion	Q	912.80

Cotizado por: 
JUAN CARLOS VALDEZ
 ASESOR DE EQUIPO CONTRA INCENDIO
 CEL. 700-6477

Autorizado por: 



DEPARTAMENTO DE VENTAS

41 Calle 6 27 Zona 8
 (502) 440-9696 fax: (502) 440-9686
 Extensiones: 254, 276, 273
 e-mail: ventas2@fabrgas.com

Documento No. 8031
 Guatemala, 16 de Octubre 2003

PROFORMA

Nombre: **UNIVERSIDAD DEL VALLE**
 Direccion: Ciudad
 Telefono: _____ Fax: **438-9882**
 Atencion: **PEAR GAROZ**
 Referencia: **EC 8031**

Condiciones de la Oferta
 Vigencia de Precios: **5 dias**
 Condiciones de Pago: **CONTADO**
 Descuento: _____
 Tiempo de Entrega: **2 Semanas**

Cantidad	Unidad	Estilo	Descripcion	Precio Unitario	TOTAL
2	Each	Unice	Extintores de 10 libras polvo químico seco para fuegos tipo ABC, fabricación Americana marca Kidde aprobados por las normas Internacionales de seguridad UL/FM, recargables.	Q 456.40	Q 912.80

Observaciones:

Sub-total	Q	912.80
Recargo por Envío		
Otros		
Descuento	Q	-
Total Cotizacion	Q	912.80

Cotizado por:

Juan Carlos Valdez

JUAN CARLOS VALDEZ
 ASESOR DE EQUIPO CONTRA INCENDIO
 CEL. 700-6477

Autorizado por:

[Empty signature box]



Electricidad Comercial e Industrial, S.A.

DISTRIBUIDOR ELECTRICO
 Carretera Roosevelt Area Industrial Molino de las Flores 1-60, Z. 2 Mixco
 Tels.: PBX 4364871 - 4378346
 FAX: 4363971 - 4378368
 Guatemala, C.A.

Guatemala, Octubre 16 del 2,003

Señores
 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
 Ciudad

ATT: Srita. PILAR GAROZ

Estimados señores:

Por este medio estamos cotizando lo siguiente:

4	Tubos fluorescentes de 75W. (F96T12DL)	Q 13.23	Q 52.92
2	Base fluorescente slim juego	Q 8.90	Q 17.80
	Total.....		Q70.70

Precio con IVA incluido.

Tiempo de entrega: Inmediata
 Validez de la oferta: 3 Días
 Lugar de entrega: Bodega de Elecsa
 Forma de pago: Contado

A la espera de sus comentarios me suscribo.

Atentamente,

ELECSA

Verónica Martínez
 Depto. De Ventas



MONTACARGAS
EL AGUILA S. A.



AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA Y COMERCIO
43 Ave. 0-96, Zona 11 Calzada Roosevelt Guatemala, C. A.
Telefax: 5912463 - 5929232

Guatemala,
14 Octubre 2003.

Señores:
UNIVERSIDAD DEL VALLE
FAX: 4369882

Atención: Srita Pilar Garoz

Por medio de la presente estamos enviando a ustedes información referente al alquiler de un montacargas de 5 toneladas de capacidad

Tarifa por hora: Q.335.00 desde que sale hasta que regresa incluye IVA,

Cualquier tiempo trabajado antes de las 8:00 horas, después de las 18:00 horas, sábado medio día y día domingo se cobra como tiempo extraordinario a Q.52.00 mas por cada hora.


Forma de pago: al terminar el trabajo o al presentarse la factura.

La tarifa incluye:

Operador, combustible, cadenas.

Esperando que esta información les sea de utilidad, quedamos de ustedes,

Atentamente,


Ingrid Carolina Aguilar G.
MONTACARGAS DEL AGUILA, S.A.