

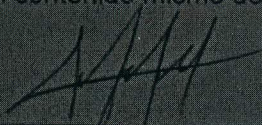
Ciudad Obregón, Sonora, a 11 de Junio de 2014.

Instituto Tecnológico de Sonora
Presente.

El que suscribe **Alfonso Olea Sánchez Hidalgo**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada **Diseño de Horno para Fundir Cobre con Fines Didácticos**, en lo sucesivo "LA OBRA", misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Ingeniero Químico** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante "EL INSTITUTO", para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.



Alfonso Olea Sánchez Hidalgo

Recibí Tesis CD
no trata copia
para biblioteca

Mauro Majano
25/06/14



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

Diseño de Horno para Fundir Cobre con Fines Didácticos

Proyecto que para obtener el grado de:

Ingeniero Químico

Presenta:

Alfonso Olea Sánchez Hidalgo

Contenido

Capítulo 1.....	3
Introducción	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación	7
1.3 Planteamiento del Problema.....	7
1.4 Objetivo.....	7
Capítulo 2.....	8
Marco Teórico.....	8
2.1 Minería.....	8
2.2 Tipos de Hornos para Fundir Cobre.....	10
2.3 Diseño	14
2.4 Material Refractario, Mortero y Revestimiento del Equipo.....	15
2.5 Combustibles.....	16
2.6 Equipo de Suministro de Oxígeno	21
Capítulo 3.....	29
Metodología	29
3.1 Combustibles.....	29
3.2 Diseño	29
Capítulo 4.....	34
Resultados	34
4.1 Combustibles.....	34
4.2 Diseño	34
4.3 Producto Terminado.....	45
Capítulo 5.....	49
Conclusiones	49
Anexos	50
A.1 Hojas de Seguridad y Control de Material	50
A.2 Unidades.....	73
Bibliografía	75

Capítulo 1

Introducción

1.1 Antecedentes

La minería es el proceso de búsqueda y extracción de elementos económicamente valiosos (generalmente minerales) de la superficie de la tierra, incluyendo los mares. Es una actividad sumamente antigua que el hombre a ha utilizado a través de los años para obtener materiales indispensables en la elaboración de bienes.

Descubrimientos arqueológicos indican desarrollo en esta actividad desde la época prehistórica, en la cual la minería era utilizada principalmente para la extracción de pedernal (uno de los primeros minerales extraídos). Este mineral era principalmente usado para elaborar cuchillos y lanzas. A su vez, el oro, junto con el cobre y plata, fueron de los primeros metales extraídos de una mina. Los egipcios fueron de las primeras civilizaciones en impulsar esta actividad. En el año 3000 a. C., ya habían descubierto minas de cobre en la Península del Sinaí. La explotación de otros materiales como el hierro (2800 a.C.) fue otra de las actividades características de los egipcios, los cuales también son pioneros en cuanto a grandes construcciones se refiere. La actividad minera fue de gran ayuda para la construcción de estos monumentos. Las pirámides de Egipto fueron construidas con diversos tipos de piedra que fueron extraídas de zonas aledañas al río Nilo (CICEANA, 2013).

En México, la industria minera como tal, empieza propiamente con tiempos de la conquista. El espíritu de aventura y ambición de riquezas dieron la iniciativa a los españoles a ampliar sus horizontes y descubrir nuevos territorios ricos en metales.

Así es como en el descubrimiento de América, comienza la explotación de minerales y metales en México, iniciándose la búsqueda y descubrimiento de depósitos metalíferos y minas que dieron fama mundial a la nueva colonia española. Lo que más se buscaba en esa época eran los depósitos auríferos y argentíferos (CICEANA, 2013).

Posteriormente viene la etapa de la llamada “Minería colonial”. Destacan en esta etapa, la comercialización de la plata, el trabajo forzado en las minas, el auge de explotación de la plata, la explotación del cobre y los levantamientos campesinos son algunas de las circunstancias más relevantes de esta época (CICEANA, 2013).

A principios del siglo XX la minería se caracterizó por los signos de modernidad que comenzaban a surgir.

Varias empresas extranjeras de explotación emigraron a nuestro país con nueva tecnología para la extracción y refinación. En el siglo pasado, la minería en México se desarrolló principalmente en la altiplanicie, en Pachuca, Guanajuato, Zacatecas, Fresnillo, Sombrerete, Santa Bárbara y Chihuahua (CICEANA, 2013).

Actualmente, la actividad minera es de suma importancia para la economía en México. Cuatro estados son los principales centros mineros en nuestro país:

1. Sonora: Principal productor de cobre, oro y grafito.
2. Coahuila: Principal productor de antimonio, bismuto y carbón.
3. Zacatecas: Principal productor de plata.
4. Chihuahua: Principal productor de cadmio y zinc, y único productor de tungsteno (CICEANA, 2013).

El cobre puede ser extraído por 2 tipos de procesos metalúrgicos llamados pirometalurgia y la hidrometalurgia.

Pirometalurgia

El procedimiento por vía seca concentra a la mayor parte del cobre y metales preciosos en un concentrado llamado mata.

Los procesos pirometalúrgicos son:

- Concentración.
- Tostación.
- Fusión.
- Oxidación de la mata o conversión.
- Afino.

(Unicam, 2014).

En Sonora, las minas están teniendo un fuerte auge dentro de los últimos años debido a que en el estado se ha encontrado importantes yacimientos de metales tanto cotidianos de uso común como metales preciosos dando a la localidad una importante riqueza de tierras superando su fuerte económico que eran la ganadería y la agricultura.

El progreso del estado se debe en gran medida a las empresas mineras que están teniendo un impulso económico de suma importancia. Al generar minas en el estado se estarán generando más empleos para las personas de los municipios cercanos a estas. Manteniendo un flujo económico importante para el resto de los habitantes del estado. Las minas cada vez pedirán más

trabajadores capacitados, y preparados para el desarrollo de nuevas técnicas metalúrgicas más viables, obligando a las universidades tener egresados de una alta gama educativa y competitiva con nuevos conocimientos tecnológicos.

El Instituto Tecnológico de Sonora cuenta con una amplia oferta educativa, dentro de la cual se ofrece la carrera de Ingeniero Químico con una oportunidad de desempeñarse en el área de metalurgia, ya que en Sonora ha habido un alto crecimiento de empresas mineras.

La carrera cuenta con acentuaciones de control de calidad, seguridad e higiene, operaciones de separación, métodos de análisis químicos, tratamiento de aguas residuales, operaciones unitarias.

El tema que desarrollara se basa en la fundición; en la minería la fundición es una de las etapas de purificación del metal. El procedimiento de la obtención del metal es generado con operaciones unitarias, procesos químicos y fisicoquímicos. El orden de la extracción del metal se basa en las siguientes operaciones; explotación y recolección de la materia prima, transporte, molienda, lixiviación, recuperación del electrolito rico, electrodeposición, llegando hasta el tema de interés que sería fundición.

Este último proceso es necesario debido a una recuperación de propiedades y purificación del metal, como sería Redox y eliminación de escorias.

Existen distintas alternativas para fundir metales llamadas horno de cubilote, horno de reverbero, horno eléctrico. Dependiendo la forma en la que funcionan, que puede ser, desde, utilizar energía eléctrica hasta utilizar gas o cualquier otro combustible para generar energía calorífica.

El horno será un proyecto integral dentro del Instituto Tecnológico de Sonora en un laboratorio practico de metalurgia que le dará continuidad al proceso de obtención de cobre, que abarcaría como último nivel de purificación del metal por un método piro metalúrgico.

1.2 Justificación

Se aplicará conocimientos adquiridos en las materias vistas en dicha carrea tales como transferencia de calor, fisicoquímica, operaciones unitarias, separaciones mecánicas, química orgánica, métodos instrumentales, química analítica, termodinámica. Los conceptos aprendidos en los cursos serán de gran importancia para el diseño del horno.

Los alumnos obtendrán conocimientos metalúrgicos dados en dicho curso con habilidades prácticas operando el equipo en laboratorio, aumentando el valor de los estudiantes para poder trabajar con mayor eficacia dentro de la industria metalúrgica.

1.3 Planteamiento del Problema

En el Instituto Tecnológico de Sonora en la carrera de Ingeniería Química cuenta con clases teóricas de metalurgia, pero no cuenta con laboratorios metalúrgicos ni trabajos prácticos dentro del instituto.

1.4 Objetivo

Diseñar un horno de fundición para fines didácticos en el Instituto Tecnológico de Sonora.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1 Minería

La minería es el conjunto de técnicas que el hombre utiliza para extraer los minerales, combustibles y otros materiales de la corteza terrestre.

Los depósitos de minerales pueden estar casi en la superficie o aparecer a gran profundidad. En función de la situación de los minerales en la corteza se utilizan distintos métodos de extracción:

- Minas de superficie
- Minas subterráneas:
 - Minería de roca blanda, como la del carbón, que emplea herramientas comunes
 - Minería de roca dura
- Minería por pozos de perforación

La minería está controlada por grandes corporaciones o compañías multinacionales. La mayor parte de las extracciones se realiza en los países subdesarrollados pero se utiliza en los países industrializados que son los principales importadores de metales y minerales. Estados Unidos es el mayor importador de metales y minerales (Recursostic, 2014).

Metalurgia

(Metalurgia) Conjunto de procedimientos y técnicas de extracción, elaboración y tratamiento de los metales y sus aleaciones (Larousse, 2013).

(Industria) Conjunto de industrias, en especial las pesadas, que se dedican a la elaboración de metales (Larousse, 2013).

Fundición

La fusión es un proceso de cambio de fase sólida a fase líquida, que, en los minerales, se aprovecha para que, una parte de las impurezas de la carga del mineral, se reúnen formando un producto ligero llamado escoria el cual puede separarse por gravedad de la porción más pesada que contiene prácticamente todos los componentes metálicos, que se denomina mata (Unicam, 2014).

Calentando por encima de los 1.100 °C el producto obtenido por tostación parcial funde (Unicam, 2014).

El hierro que es más oxidable que el cobre se oxida a óxido ferroso y como el cobre tiene mayor afinidad por el azufre que el hierro, el poco óxido de cobre formado pasa a sulfuro cuproso según la siguiente reacción: $\text{Cu}_2\text{O} + \text{FeS} \text{-----}$
 $> \text{Cu}_2\text{S} + \text{FeO}$ (Unicam, 2014).

El óxido de hierro así formado o el resultante de la tostación parcial se une a la sílice y a la cal (ganga o adicción) y se elimina con la escoria en forma de un silicato complejo (Unicam, 2014).

2.2 Tipos de Hornos para Fundir Cobre

Horno de Cuba o Cubilote

El horno de cuba se usa con preferencia para fabricar el “Cu negro” que se obtiene a partir de la chatarra (Unicam, 2014).

El horno de reverbero se emplea comúnmente para fundir mata pero tiene el inconveniente, que consume mucho combustible por lo que se están introduciendo los de fusión relámpago que emplean las reacciones de tostación como fuentes de calor para fundir (Unicam, 2014).

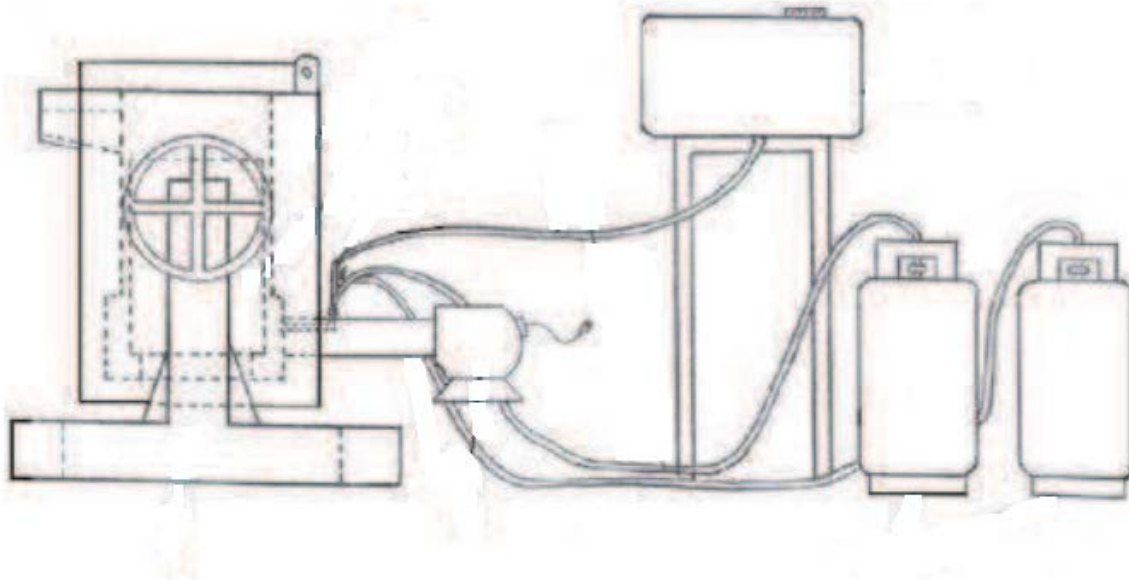


Figura 1. Horno de Cubilote

Fuente: (Parraga, 2013)

Horno de Reverbero

Es el más utilizado porque era el único que permitía la fusión de minerales pulverulentos, cada vez mas frecuentes, debido a la generalización de la concentración por flotación (Unicam, 2014).

Funciones del horno de reverbero:

- Fundir la nena y el fundente lo más rápido posible, con una mínima pérdida de calor.
- Permitir formación de mata y escoria.
- Mantener la temperatura lo suficientemente elevada para que la escoria y la mata sean perfectamente fluidas y pueda procederse fácilmente a su separación.

Dimensiones:

- Las dimensiones medias de un horno de reverbero son:
 - Longitud 25-35 metros
 - Anchura 6-8 metros
 - Altura de bóveda 2 metros

(Unicam, 2014).

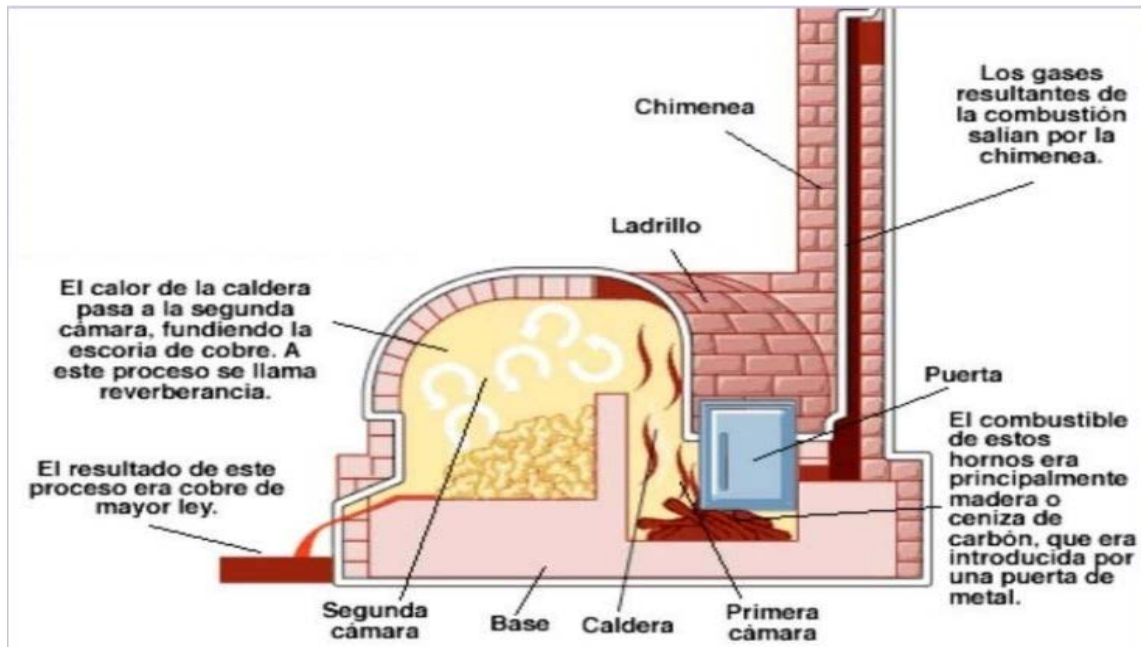


Figura 2. Horno de Reverbero

Fuente: (Mantilla, 2012)

Horno Eléctrico

Los hornos eléctricos son herméticos ya que de lo contrario entraría aire y a la alta temperatura que alcanzan los electrodos, estos se quemarían muy rápidamente.

(Unicam, 2014)

Por ser herméticos no pueden utilizar carga húmeda, ya que al evaporarse el agua no se podría eliminar el vapor con facilidad pudiendo reaccionar con los electrodos y producir explosiones, salvo esto, puede tratarse cualquier material, incluso escorias con alto contenido en cobre.

No hay llama y por lo tanto hay menos gases. Se controla mejor el SO_2 .

Se usan seis electrodos de 2 a 2,5 metros. Son de altura variable y permite calentar más la mata o escoria, son de grafito o aglomerados con carbón muy puro. (Unicam, 2014)



Figura 2. Horno Eléctrico

Fuente: (Vicentiz, 2013)

2.3 Diseño

El diseño de un horno por métodos rigurosos parece quedar fuera del alcance de la mayoría de los ingenieros de procesos. Esto se debe a que todavía existen muchos factores dados por la experiencia, correlaciones empíricas y el arte en la fabricación de los mismos que no están disponibles para el diseñador.

Otro problema reside en que la dificultad para desarrollar una teoría unificada y probada para representar en forma rigurosa el funcionamiento de los hornos. Algunos modelos simplificados son aplicables en la zona de radiación del horno y han dado origen a varios métodos aproximados de diseño y evaluación, que pueden ser aplicados en forma sencilla y con cierto grado de confiabilidad (UNP, 2013).

Otras Consideraciones de Diseño

Además de los factores mencionados, hay muchos otros que son muy importantes en la evaluación de un horno y que deben, al menos, ser tenidos en cuenta (UNP, 2013).

Por ejemplo, podemos mencionar los flujos de calor permitido, las relaciones entre los picos y los valores promedios de los flujos de calor, el arreglo de los tubos en el horno, el volumen de los gases de combustión, el tamaño y ubicación de los quemadores (UNP, 2013).

Método Simplificado

Lo que aquí se presenta es un procedimiento relativamente simple que puede ser usado para calcular los flujos de transferencia de calor y la eficiencia para un amplio rango de hornos. La experiencia muestra que los resultados obtenidos son aceptables como para cumplir las demandas desde el punto de vista de la ingeniería (UNP, 2013).

2.4 Material Refractario, Mortero y Revestimiento del Equipo

Los ladrillos refractarios y el mortero refractario que se encuentran en el mercado pueden ser los siguientes y dependiendo de sus propiedades fisicoquímicas los bloques y el mortero pueden variar sus precios.

Ladrillo refractario TCG-25: Ladrillo refractario para trabajar a temperaturas de hasta 1300 °C, en donde se utilice combustibles sólidos. Con un nivel de alúmina del 25% y además una excelente resistencia mecánica superior a los 4000 lbs/in² (Ramírez, 2009).

Ladrillo refractario TCG-45: Ladrillo refractario para trabajar a temperaturas de hasta 1430 °C, con un nivel de alúmina superior al 30%, superior a los 4000 lbs/in² (Ramírez, 2009).

Ladrillo refractario TCG-75: Ladrillo refractario para operar a temperaturas sumamente extremas (1650 °C), con un nivel de alúmina del 60% (Ramírez, 2009).

Mortero Supersil: Mortero refractario de fraguado al aire, para pegar ladrillo refractario (TCG-25) y aislantes de uso regular, hasta temperaturas de 1250 °C (Ramírez, 2009).

Mortero Altalum: Mortero refractario de fraguado al aire para pegar ladrillos refractarios (TCG-45) y aislantes de uso mediano, recomendado para temperaturas de hasta 1450 °C (Ramírez, 2009).

Mortero Superalalum: Mortero refractario para altas temperaturas (1150 °C), utilizado primordialmente para ladrillos refractarios de más de 37% de alúmina (TCG-65) y aislantes con alta resistencia térmica (Ramírez, 2009).

El equipo debe tener un recubrimiento de acero como protector ya que el material refractario no resiste impactos y fricción.

2.5 Combustibles

Existen diferentes tipos de combustibles que tienen un alto poder calorífico capaz de llevar a los metales a su punto de fusión. Los combustibles posibles a utilizar serán carbón, acetileno, gas LP debido a que son de fácil adquisición y tienen un bajo costo.

Cada uno de los materiales más utilizados se detallará a continuación:

2.5.1 Carbón

De acuerdo a lo obtenido en la hoja de seguridad de la empresa (Tracoquim, 2013) se pueden mencionar como características principales las siguientes:

Datos de Fuego y Explosión

Inflamabilidad: No inflamable

Puntos de destello: No aplica

Auto encendido: No aplica

Límites de Inflamable: No aplica

Medios de extinción: Aerosol de Agua Procedimiento de lucha contra el Fuego: Al quemarse producirá humos tóxicos. Utilice las mascarillas y equipo completo para la lucha contra el fuego.

Peligros de Fuego / Explosión: Las concentraciones de polvo pueden presentar un peligro de explosión. Puede ser conforme al calentamiento espontáneo, cuando es mojado, cuando fue quemado recientemente o empacado firmemente.

Características Físicas y Químicas

Forma Física: Material o polvo granular

Color: Negro

Olor: Inodoro

Peso Molecular: 12.01

Punto de Ebullición: 4,500 °C

Punto de Fusión o Congelación: 3,500 °C

Solubilidad en Agua: Insoluble

Peso Específico: 0.3 g/ml

Estabilidad y Reactividad

Estabilidad: Estable

Peligro de Polimerización: No ocurrirá

Incompatibilidades: Oxidantes

Temperatura de Descomposición: No establecida

Productos de la Descomposición: Óxidos de carbón

Condiciones de Inestabilidad: Temperaturas excesivas (véase Incompatibilidades)

2.5.2 Gas LP

De acuerdo a lo obtenido en la hoja de seguridad de la empresa (Gassaga, 2013) se pueden mencionar como características principales las siguientes:

Composición / Información de los Ingredientes

COMPOSICION / INFORMACION DE LOS INGREDIENTES		
MATERIAL	%	LEP (Límite de Exposición Permisible)
Propano	60.0	1000 ppm
n-Butano	40.0	800 ppm
Etil Mercaptano (odorizante)	0.0017 - 0.0028	50 ppm

Peligros de Explosión e Incendio

Punto de flash -98.0 °C

Temperatura de Ebullición -32.5 °C

Temperatura de Auto ignición 435.0 °C

Límites de Explosividad: Inferior 1.8 % Superior 9.3 %

Punto de Flash: Una sustancia con un punto de flash de 38 °C o menor se considera peligrosa; entre 38 °C y 93 °C, moderadamente inflamable; mayor a 93 °C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del LPG (98 °C) lo hace un compuesto sumamente peligroso.

Propiedades Físicas / Químicas

Peso Molecular 49.7

Temperatura de Ebullición: 1 atmósfera 32.5 °C

Temperatura de Fusión: 167.9 °C

Densidad de los Vapores (Aire =1): 15.5 °C 2.01 (Dos veces más pesado que el aire)

Densidad del Líquido (Agua =1): 15.5 °C 0.540

Presión Vapor: 21.1 °C 4500 mmHg

Relación de Expansión (Líquido a Gas: 1 atm) 1 a 242 (1 L de gas líquido, se convierte en 242 L de gas fase vapor, formando con el aire una mezcla explosiva de 11,000 L aproximadamente).

Solubilidad en Agua: 20 °C 0.0079% en peso (Insignificante; menos del 0.1%).

Apariencia y Color Gas incoloro e insípido a temperatura y presión ambiente. Tiene un odorífero que produce un olor característico, fuerte y desagradable para detectar las fugas.

Estabilidad y Reactividad

Estabilidad Química: Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.

Condiciones a Evitar: Manténgalo alejado de fuentes de ignición y calor, así como de oxidantes fuertes.

Productos de la Combustión: Los gases productos de la combustión son: bióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua. La combustión incompleta produce monóxido de carbono (gas

tóxico), ya sea que provenga de un motor de combustión o por uso doméstico. También puede producir aldehídos (irritante de nariz y ojos).

Peligros de Polimerización: No polimeriza.

2.5.3 Acetileno

De acuerdo a lo obtenido en la hoja de seguridad de la empresa (Infra, 2013) se pueden mencionar como características principales las siguientes:

Propiedades Físicas y Químicas del Producto

Temperatura de Ebullición: 198.15 K (-75.0 °C): 170 kPa

Temperatura de Fusión: 192.4 K (-80.75 °C): 128 kPa

Temperatura de Inflamación: 255.15 K (-18.0 °C)

Temperatura de Auto ignición: 679 - 713 K (406 - 440 °C)

Densidad: 1.1747 kg/m³: 101.325 kPa; 0.0 °C

pH: ND

Peso Molecular: 26.038 g/mol

Estado Físico: Gas

Color: Incoloro

Olor: Parecido al Ajo

Velocidad de Evaporación: ND

Solubilidad en Agua: $0.94 \text{ cm}^3 / 1 \text{ cm}^3$ Agua: 101.325 kPa; 25 °C

Presión de Vapor: 4479 kPa: 294.25 K (21.1 °C)

Porcentaje de Volatilidad: ND

Límite Superior de Inflamabilidad / Volatilidad: 81% en Aire

Límite Inferior de Inflamabilidad / Volatilidad: 2.5% en Aire

2.6 Equipo de Suministro de Oxígeno

Existen diferentes tipos de suministros de aire que podemos utilizar, tales equipos pueden ser:

2.6.1 Sopladores

De acuerdo a lo obtenido en las hojas técnicas de la empresa (Solerpalau, 2013) se pueden mencionar como características principales las siguientes:

¿Qué son y para qué sirven?

Los ventiladores son máquinas rotatorias capaces de mover una determinada masa de aire, a la que comunican una cierta presión, suficiente para que pueda vencer las pérdidas de carga que se producirán en la circulación por los conductos.

Se componen de:

- Elemento rotativo
- Soporte
- Motor

El elemento rotativo es la pieza del ventilador que gira en torno al eje del mismo. Puede ser una hélice o un rodete.

Lo llamaremos Hélice si la dirección de salida del aire impulsado es paralela al eje del ventilador (dirección axial). Generalmente la hélice puede mover gran cantidad de aire comunicando al mismo una discreta presión.

Lo llamaremos Rodete si la dirección de salida del aire impulsado es perpendicular al eje del ventilador.

Generalmente los rodetes mueven un volumen de aire menor que las hélices, pero con una presión mucho mayor.

En los ventiladores de hélice, generalmente, el conjunto se compone también de una embocadura acampanada que mejora el rendimiento, Fig. 4.A. Los ventiladores de rodete se montan en una voluta en espiral, Fig. 4.B.

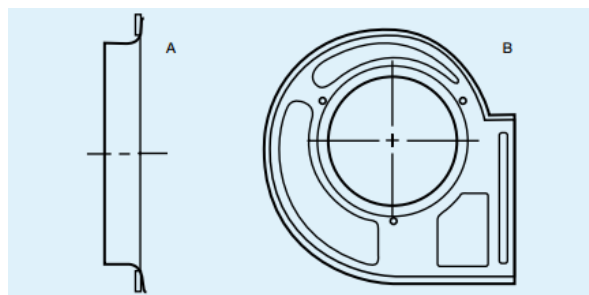


Figura 4.A: Embocadura

Figura 4.B: Voluta

Fuente: (Solerpalau, 2013)

Cuando se desea conseguir ventiladores con rendimiento por encima de los usuales, puede recurrirse a las directrices, que son unos álabes fijos, colocados a la entrada o salida del ventilador, cuya función principal es enderezar la vena de aire haciéndola aproximadamente axial. El motor es el componente que acciona la hélice o rodete.

Definiciones

Un ventilador, en la aceptación más amplia del vocablo, es una turbo máquina que recibe energía mecánica para mantener un flujo continuo de aire, u otro gas, con una presión de hasta 3.000 mm.c.d.a. (mm.c.d.a. = milímetro de columna de agua, es una unidad de presión para conductos de ventilación).

Ventiladores Centrífugos

En los que el aire entra en el rodete con una trayectoria esencialmente axial y sale en dirección perpendicular.

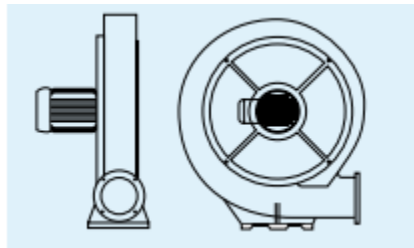


Figura 5: Centrífugo

Fuente: (Solerpalau, 2013)

Los rodetes de los ventiladores centrífugos pueden ser de tres tipos:

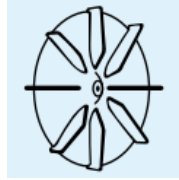


Figura 6: Álabes radiales

Fuente: (Solerpalau, 2013)

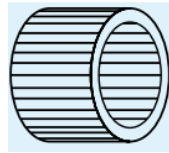


Figura 7: Álabes hacia adelante

Fuente: (Solerpalau, 2013)

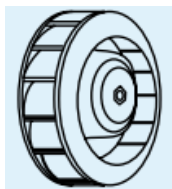


Figura 8: Álabes hacia atrás

Fuente: (Solerpalau, 2013)

Característica de un Ventilador

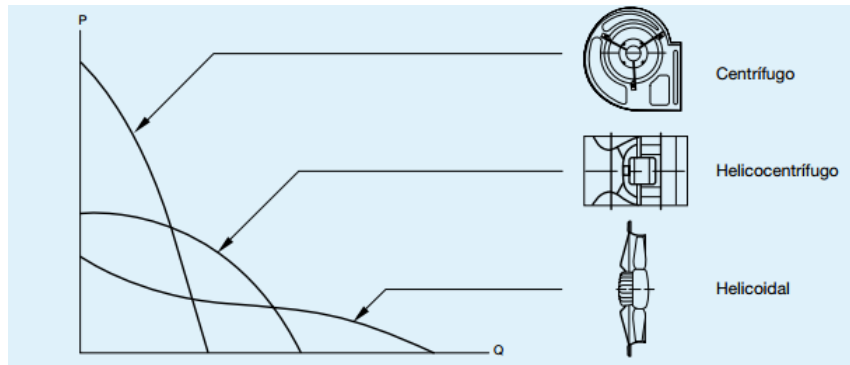


Figura 9: Características de los ventiladores.

Fuente: (Solerpalau, 2013)

2.6.2 Compresores

Compresores Reciprocantes

En lo sucesivo, si bien el fluido puede ser un gas puro, mezcla de gases, vapor saturado o vapor sobrecalentado, se supondrá que se trata de un gas que cumple con las leyes de los gases perfectos: (Fing, 2014)

El objetivo buscado es incrementar la energía del gas sin alterar su energía interna. O sea (en ausencia de transformaciones químicas), sin recurrir al aumento de su temperatura. La única manera de realizarlo consiste en aumentar P disminuyendo V . Los compresores reciprocantes, en que un pistón realiza un movimiento alternativo. El funcionamiento de los compresores reciprocantes puede esquematizarse así: (Fing, 2014)

- 1) El fluido entra a una cámara cerrada de volumen variable.
- 2) Mediante la entrega de trabajo desde el exterior se reduce el volumen de la cámara, por movimiento de una o más paredes de ésta.
- 3) Se extrae el gas con volumen específico reducido, o sea, con mayor presión. (Fing, 2014)

Este movimiento involucra grandes fuerzas de inercia, con aceleraciones y desaceleraciones violentas en cada carrera. Con los compresores rotativos se busca eliminar las fuertes vibraciones características de los reciprocantes, así como poderlos fabricar con menor cantidad de material y menos problemas de mantenimiento. (Fing, 2014)

En todos los compresores mencionados el caudal de gas comprimido es sensiblemente independiente de la presión. No ocurre esto con los llamados compresores centrífugos o turbo compresores, en los cuales al variar la presión de descarga varía (en sentido inverso) el caudal. Estos compresores, de construcción similar a las bombas centrífugas o máquinas axiales, son de aplicación industrial mucho menos extendida en nuestro país. Se utilizan para presiones no muy altas y caudales muy grandes lo que hace que estas máquinas requieran muy alta precisión en su construcción y montaje; el alto costo resultante hace que se justifiquen sólo para aplicaciones de gran escala. (Fing, 2014)

Generalidades Sobre Compresores Reciprocantes

La cámara de compresión está constituida por un cilindro de sección circular, con una "tapa" fija ("cabeza" o "culata") y otra móvil ("pistón") (Ver Fig. 10.A). Sendas válvulas de admisión y escape permiten el acceso del gas a comprimir y la salida del gas comprimido. (Fing, 2014)

Un motor hace girar un cigüeñal o excéntrica. A través de una biela, el pistón adquiere un movimiento alternativo entre las dos posiciones extremas, de velocidad nula, llamadas punto

muerto superior (P.M.S.) la más alejada del cigüeñal y punto muerto inferior (P.M.I.) la otra.
(Fing, 2014)

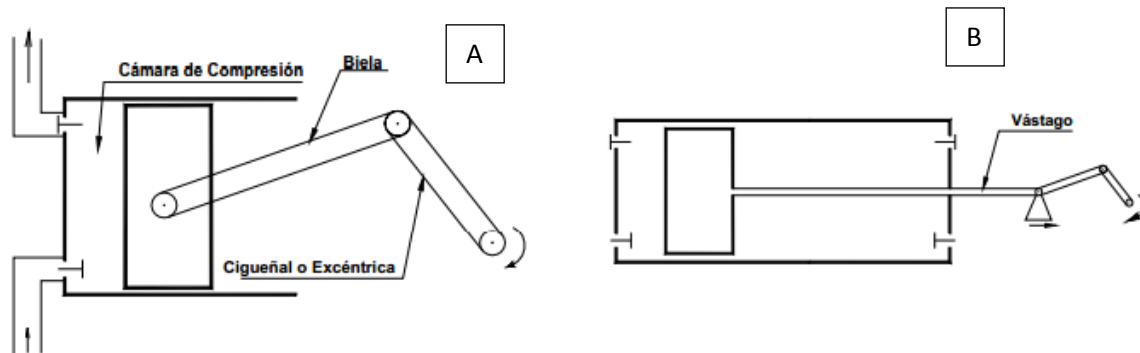


Figura 10.A: Esquema de compresor de simple efecto

Figura 10.B: Esquema de compresor de doble efecto

Fuente: (Fing, 2014)

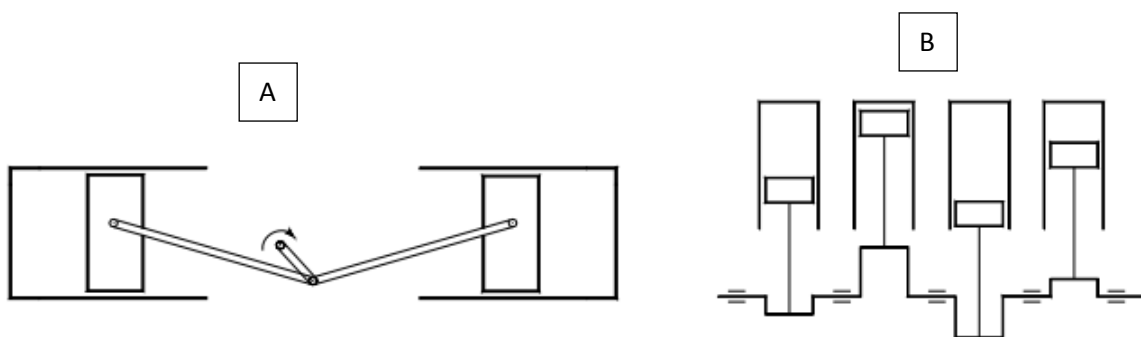


Figura 11.A: Cilindros en oposición

Figura 11.B: Cilindros en línea

Fuente: (Fing, 2014)

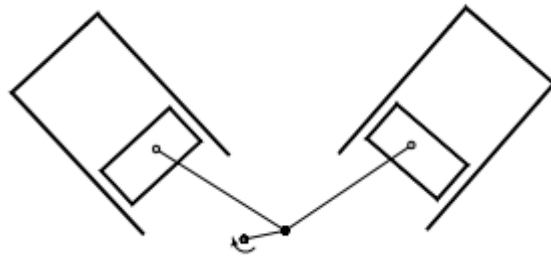


Figura 12: Cilindros en V

Fuente: (Fing, 2014)

Un diseño alternativo es el de los cilindros de doble efecto. En éstos hay cámaras de compresión en ambos lados del pistón (Ver Fig. 10.B). Se realiza la compresión del gas tanto en el desplazamiento en un sentido como en el otro (no se trata de la misma porción de gas sino que ambas cámaras operan en paralelo). En este caso la biela está unida a un vástago cuyo movimiento es alternativo pero siempre axial; se posibilita así el cierre con la adecuada estanqueidad de la cámara posterior (la del lado del P.M.I.). El pasaje del vástago a través de la tapa posterior se hace estanco mediante un sistema de sellado (por ejemplo, empaquetadura y prensaestopas). La presencia del vástago hace que el volumen desplazado por el pistón en una de las cámaras sea algo menor que en la otra (Fing, 2014).

Los compresores alternativos pueden tener uno o más cilindros en paralelo, cada uno de simple o doble efecto; pueden tener dos o más etapas de compresión (en serie).

Dos o más pistones de la misma etapa o de distintas etapas pueden estar solidarizados por un vástago común o tener bielas independientes. Los cilindros pueden estar en oposición (Fig. 11.A), en línea (Fig. 11.B) o en "V" (Fig. 12) (Fing, 2014).

Capítulo 3

Metodología

3.1 Combustibles

Se usará un combustible que tenga un alto poder calorífico necesario para llevar a cabo la fundición del cobre [Punto de fusión del cobre 1083 °C] ya que el punto de fusión de este es elevado, el combustible será mezclado con aire para que su combustión sea completa. Tiene que contar con condiciones de manejo seguras, debido a que será almacenado en un laboratorio universitario. (Bernus, 1983)

Se utilizara la siguiente ecuación para determinar el calor de combustión en caso de que el combustible este constituido por más de una sustancia. Las definiciones de los componentes se encuentran en el apartado Anexos, A.2 Unidades.

[Ec. 1]

$$\bar{C} = \sum_{i=0}^z [C_i X_i]$$

3.2 Diseño

Para calcular la cantidad de combustible necesario para fundir los 5 kg utilizados, se hará uso de las siguientes formulas.

[Ec. 2]

$$qs = (m)(C)(\Delta T)$$

[Ec. 3]

$$ql = (m)(\lambda)$$

Para estandarizar las unidades, la masa se transformara a moles.

[Ec. 3.1]

$$n = \frac{m}{PM}$$

[Ec. 4]

$$qt = qs + ql$$

La cantidad de combustible necesario para fundir la cantidad de material establecida estará dada por la formula.

[Ec. 5]

$$CDN = \frac{\bar{C}}{qt}$$

El diseño del horno tendrá una base de cálculo de un crisol con capacidad de 5 kg. Que sería lo recomendable para un trabajo didáctico de laboratorio. Para saber el volumen que utilizan 5 kg del material estará dada por la siguiente formula.

[Ec. 6]

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Se construirá con algún material refractario que pueda resistir temperaturas por encima de los 900 °C, el diseño del horno buscará un mejor aprovechamiento del calor y un recubrimiento que proteja la estructura. El grosor de las paredes del horno se calculara con la siguiente formula

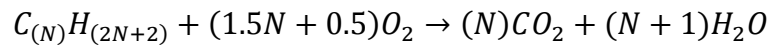
debido a que el exterior del horno deberá estar a 60 °C como mínimo de acuerdo a la secretaria de trabajo y previsión social (STPS, 2014).

[Ec. 7]

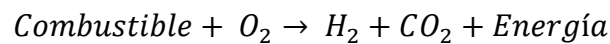
$$q = (k)(A) \left(\frac{\Delta T}{\Delta X} \right)$$

El sistema debe contar con un buen suministro de oxígeno de manera barata y sustentable, al mismo tiempo que tenga una relación aire/combustible adecuada. La ecuación para definir la cantidad de oxígeno necesaria para que el combustible se oxide al 100% será la siguiente.

[Ec. 8] Para hidrocarburos.



[Ec. 9] Para Combustibles.



El combustible en caso de ser una mezcla de varios gases se sacara un peso molecular promedio de ser lo contrario no se necesita un peso molecular promedio sino el puro peso molecular de la sustancia.

[Ec. 10]

$$\overline{PM} = \sum_{i=0}^n [(PM)(Xi)]$$

Se calculara el número de moles del combustible con la ecuación dada.

[Ec. 11]

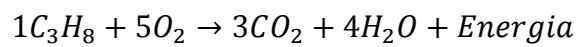
$$n = \frac{CDN}{\overline{PM}}$$

De acuerdo con la relación de estequiometria se determina la cantidad de oxigeno necesario para hacer reaccionar el número de moles del combustible.

[Ec. 12]

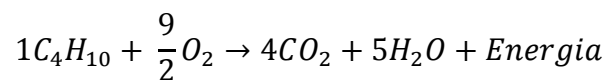
$$nt = (n)(Xi)$$

Utilizando la estequiometria de reacción se obtendrían las proporciones necesarias.



Propano Oxigeno Agua

$CO_2 = \text{Dioxido de carbono}$



Butano Oxigeno Agua

De ser una mezcla de gases los números de moles se sumaran y serán la cantidad necesaria de oxígeno para completar la combustión.

[Ec. 13]

$$CDO = \sum_{i=0}^z n$$

Como se tomara el oxígeno del aire, se sacara la masa necesaria a utilizar. [Ec. 3.1].

De la cantidad de aire necesario, se sacara el volumen utilizando la fracción mol del aire. [Ec. 6].

Para asegurarse de una combustión completa se le añadirá exceso de aire del 100%.

Para encontrar el flujo necesario de aire para fundir el material en un determinado tiempo, se utilizara la siguiente ecuación.

[Ec.16]

$$Q = \frac{v}{t}$$

El diseño debe contar con piezas de plomería que las medidas serán dadas de acuerdo a los resultados obtenidos de los cálculos.

Las tuberías de acero serán las que estén conectadas directamente al horno debido a que el acero resiste temperaturas elevadas a los 1300 °C y la tubería de cobre será la que esté ligada al tanque del combustible. También llaves de paso o reguladores para la entrada de los combustibles para no generar un exceso de combustible innecesario, así como también del aire para evitar que el combustible se apague debido a un exceso de aire y presión que generará la turbina.

El diseño contara con una estructura móvil o desarmable para un fácil transporte y manejo de la misma.

Capítulo 4

Resultados

4.1 Combustibles

Se seleccionó el gas LP debido a que alcanza el poder calorífico necesario para la fundición del cobre, es fácil de adquirir y es económicamente viable. A comparación con el acetileno que tiene un poder calorífico más de 48218.607 kJ/kg aunque es relativamente fácil de conseguir no es económico.

[Ec. 1]

$$C_{GasLP} = C_{Propano}(0.6) + C_{Butano}(0.4)$$

$$C_{GasLP} = 11020.4400 \text{ cal/g}$$

Los gramos se entienden por la cándida de combustible que se está quemando. Para obtener la masa del combustible están dadas por las (Ec.1, 2, 3, 4, 5), que serán 5 kg de cobre y la cantidad necesaria de combustible para fundir será de 0.153 kg de gas LP.

4.2 Diseño

Se dimensionó el horno a medidas de un diámetro interior de 30 cm (como se muestra en la figura 13.A) y una altura de 20 cm (como se muestra en la figura 14), debido a que el horno no cuenta con salidas de material ni tampoco cuenta con salidas de purgación, ya que su crisol es removible su diámetro interior es grande para evitar el contacto de la varilla extractora de crisol con las paredes de ladrillo, evitando dañar el horno al momento de extraer el mineral.

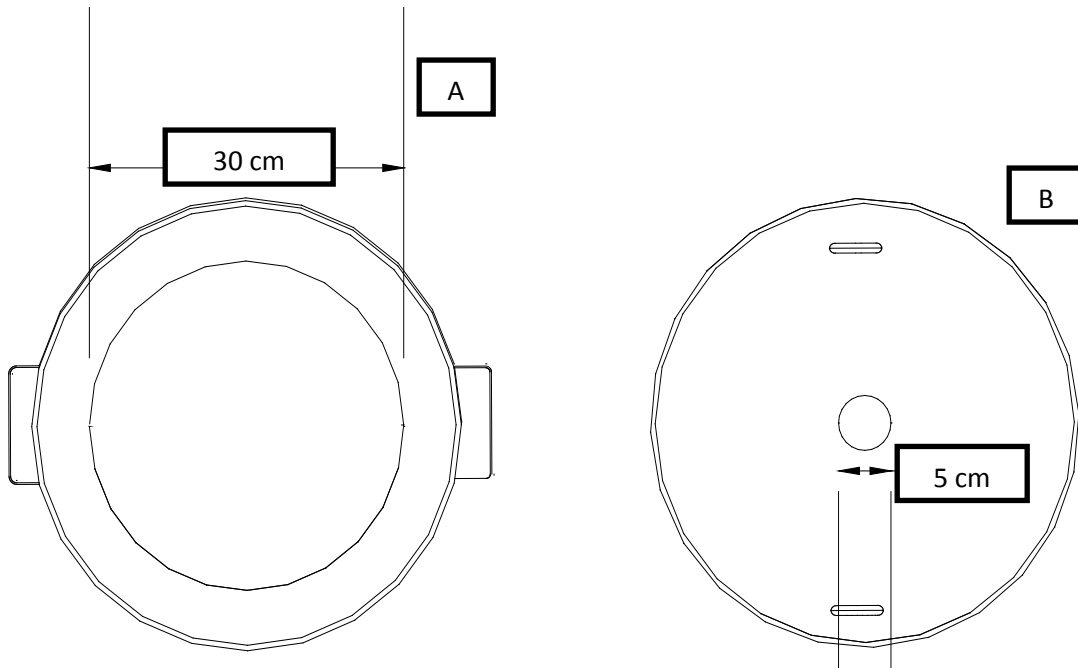


Figura 13.A: Horno Destapado Vista Aérea

Figura 13.B: Tapadera del Horno Vista Aérea

Software: AutoCAD

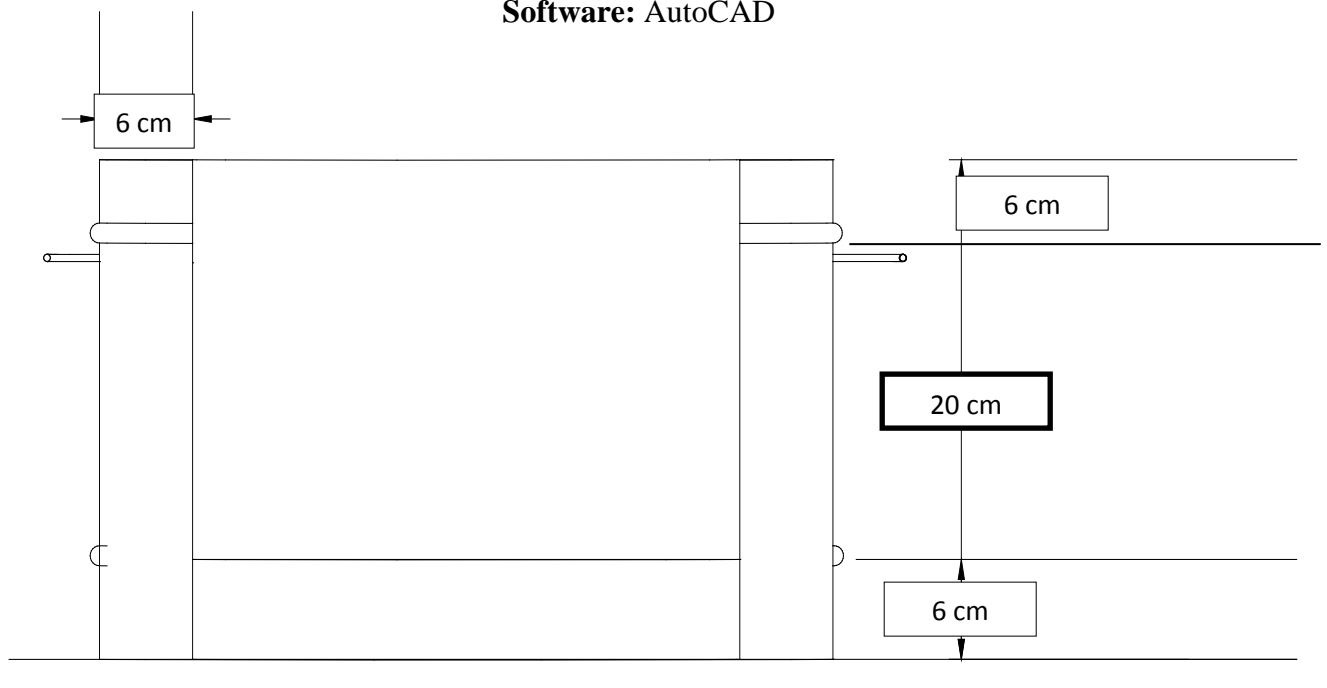


Figura 14: Corte Transversal del Horno

Software: AutoCAD

Tanto las paredes del horno como el fondo y la tapadera tienen un espesor de 6 cm, para darle un mejor soporte y una estructura más fuerte, y al mismo tiempo disminuyendo la conductividad térmica (como se muestra en la figura 14). La tapadera cuenta con unas rejillas o donas de acero para poder destapar el horno cuando este en función, introduciendo entre estas una varilla de acero. También cuenta con una chimenea de 5 cm de diámetro para que los gases tengan por donde escapar evitando una posible explosión. (Como se muestra en la figura 13.B).

El Horno será cilíndrico para que la entrada del fogón sea uniforme al material y pueda girar dentro del horno con mayor facilidad y el calor pueda estar rotando dentro del horno. El exterior tendrá un armazón de acero para que el horno no tenga daños y se mantenga protegido. El horno fue diseñado para fundir una capacidad de 5 kg de cobre en un tiempo estimado de 30 min cumpliendo con un tiempo de prácticas de 2 h ya preestablecidas. Las dimensiones totales del horno por su exterior son de 32 cm de altura y 42 cm de diámetro. (Como se muestra en la figura 15).

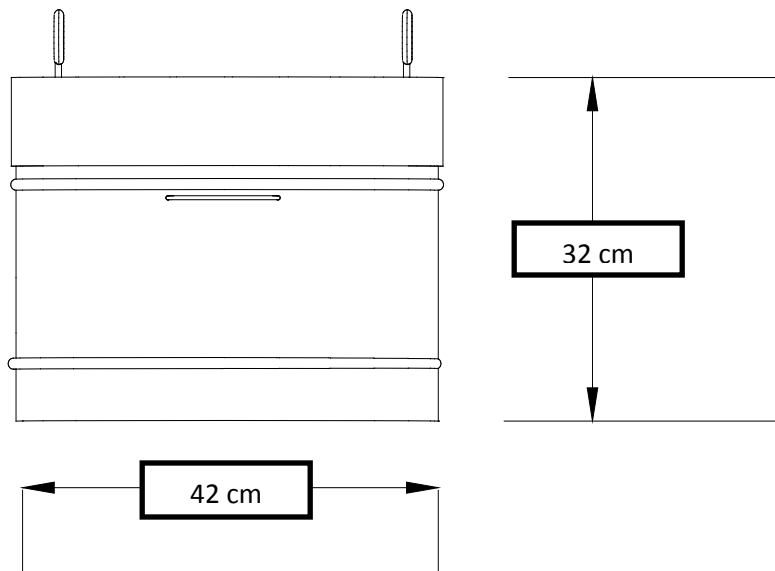


Figura 15: Horno Vista Lateral

Software: AutoCAD

Los ladrillos son de un material refractario llamado ladrillo aislante de caolín. Que tiene una conducción térmica muy pobre haciendo el material más eficiente y viable reduciendo el espesor de las paredes del horno.

Un tanque de gas LP de 30 kg es suficiente para realizar 196 prácticas, o bien se podría adaptar una red para tomar el gas del laboratorio y conectarlo al sistema de tubería del horno aumentando la eficiencia del equipo. Las medidas del tanque que se muestran en la figura 16 y son las medidas óptimas para la planta (figura 18).

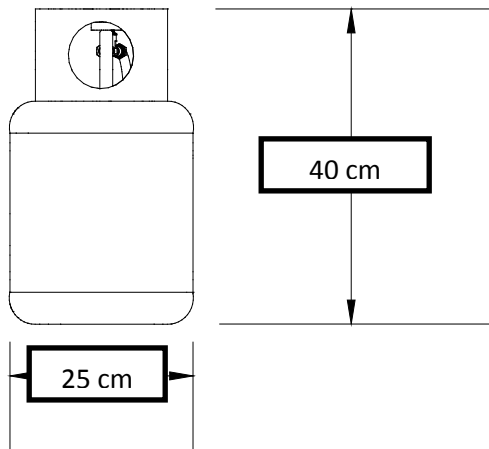


Figura 16: Medias del Tanque

Software: AutoCAD

El equipo contara con un soplador de $5 \text{ m}^3/\text{min}$, que use energía eléctrica para operar y con un regulador de caudal y liberador de presión para poder contar con las condiciones más aptas para que el equipo esté realizando el trabajo a la máxima eficiencia. Las medidas del tanque que se muestran en las figuras 17.A y 17.B, son las medidas óptimas para operar la planta (figura 18).

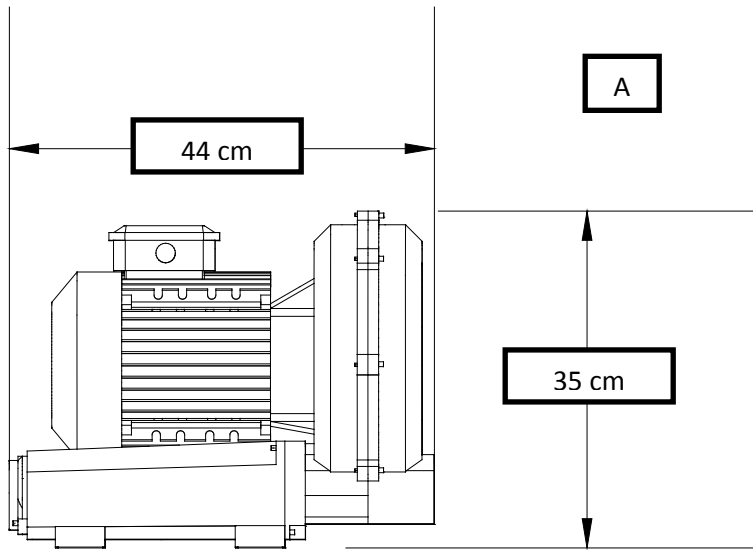


Figura 17.A: Medias del Soplador Frontal

Software: AutoCAD

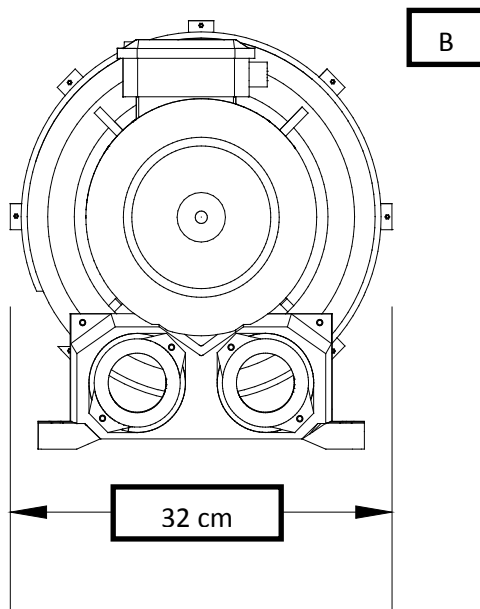


Figura 17.B: Medias del Soplador Lateral

Software: AutoCAD

Los equipos estarán montados en un carrito de carga que se llamó planta para tener una mayor facilidad de movimiento de los equipos, la planta se puede montar y desmontar de ser necesario y no perjudica su funcionamiento. Así como se muestra en la figura 18.

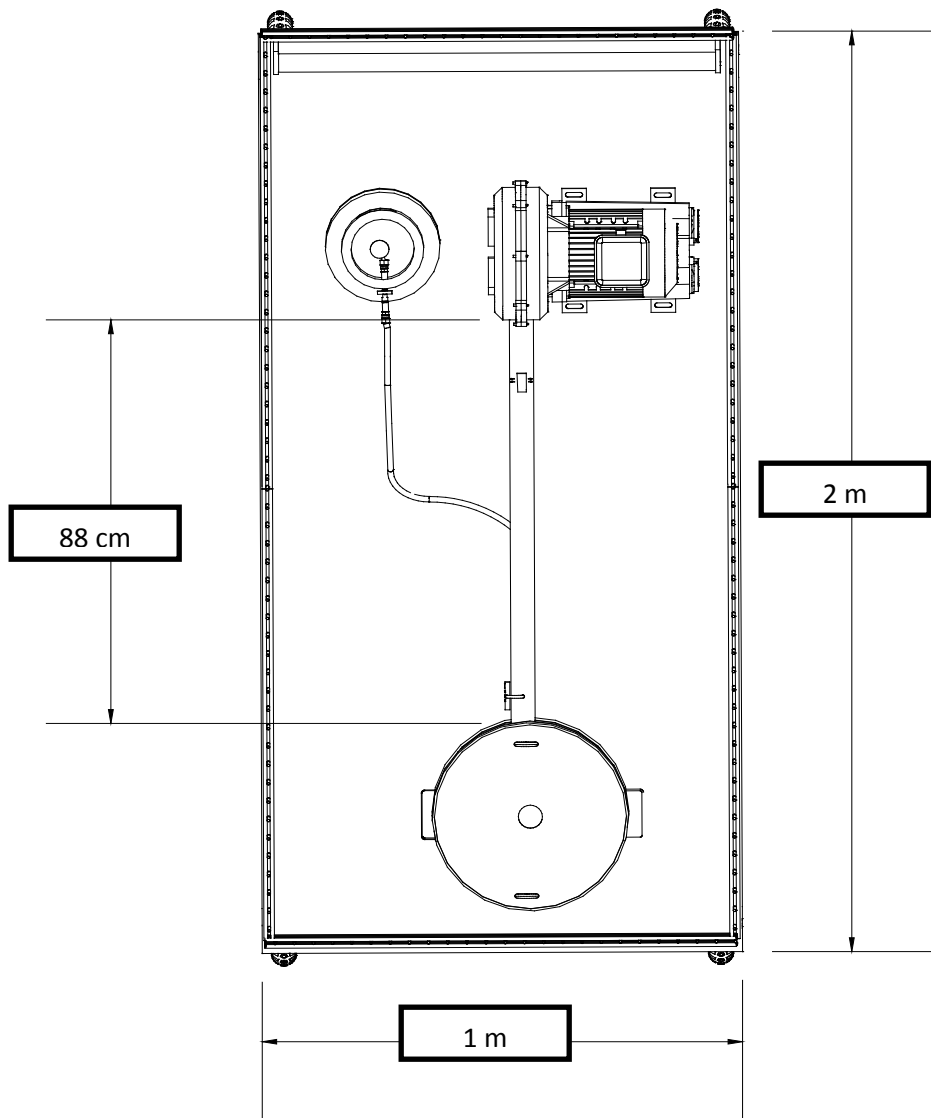


Figura 18: Planta

Software: AutoCAD

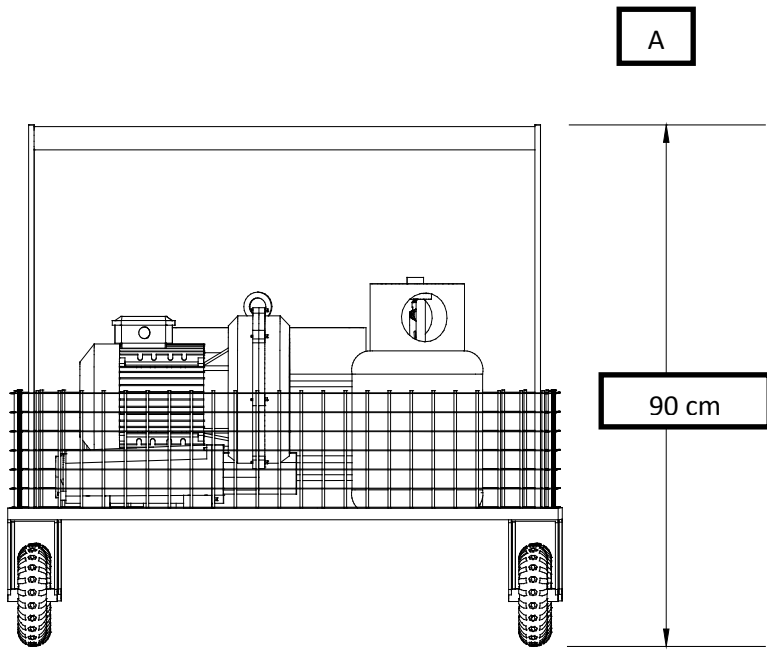


Figura 19.A: Planta Vista Posterior

Software: AutoCAD

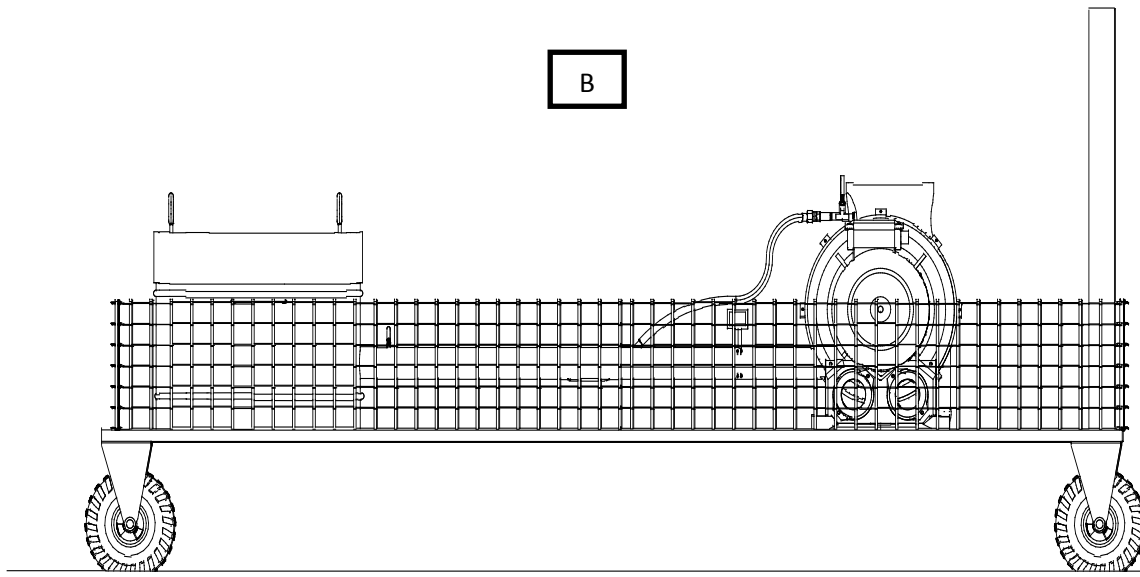


Figura 19.B: Planta Vista Lateral

Software: AutoCAD

C

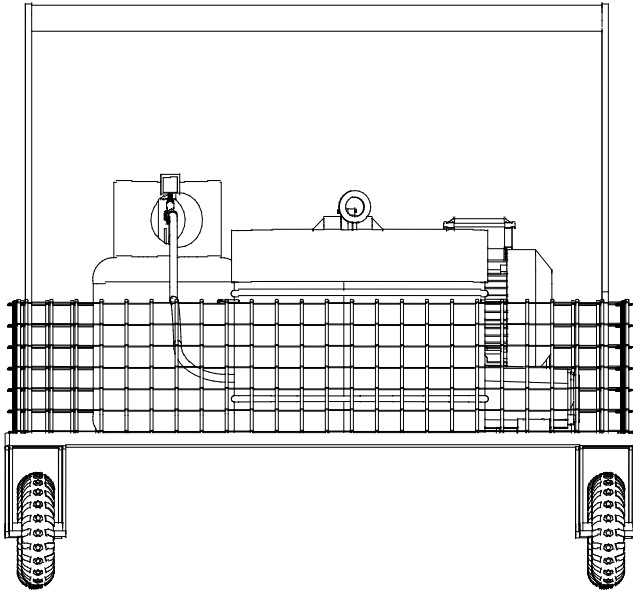


Figura 19.C: Planta Vista Frontal

Software: AutoCAD

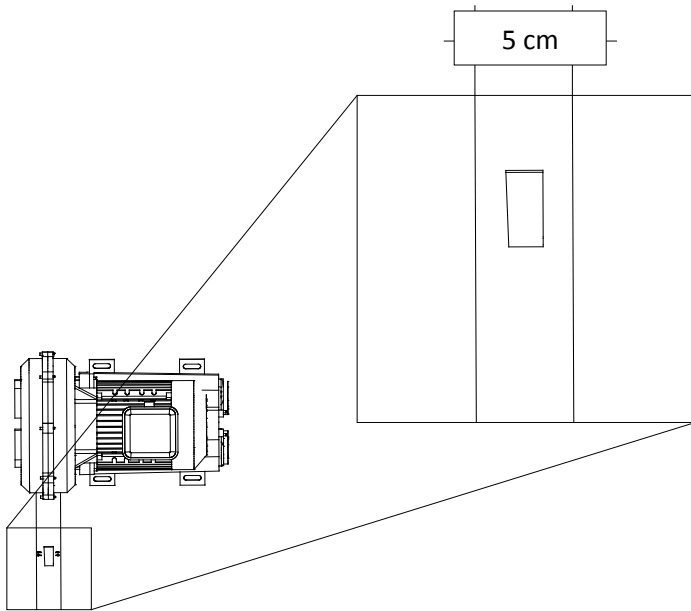


Figura 20: Diámetro de Tubería

Software: AutoCAD

4.3 Producto Terminado

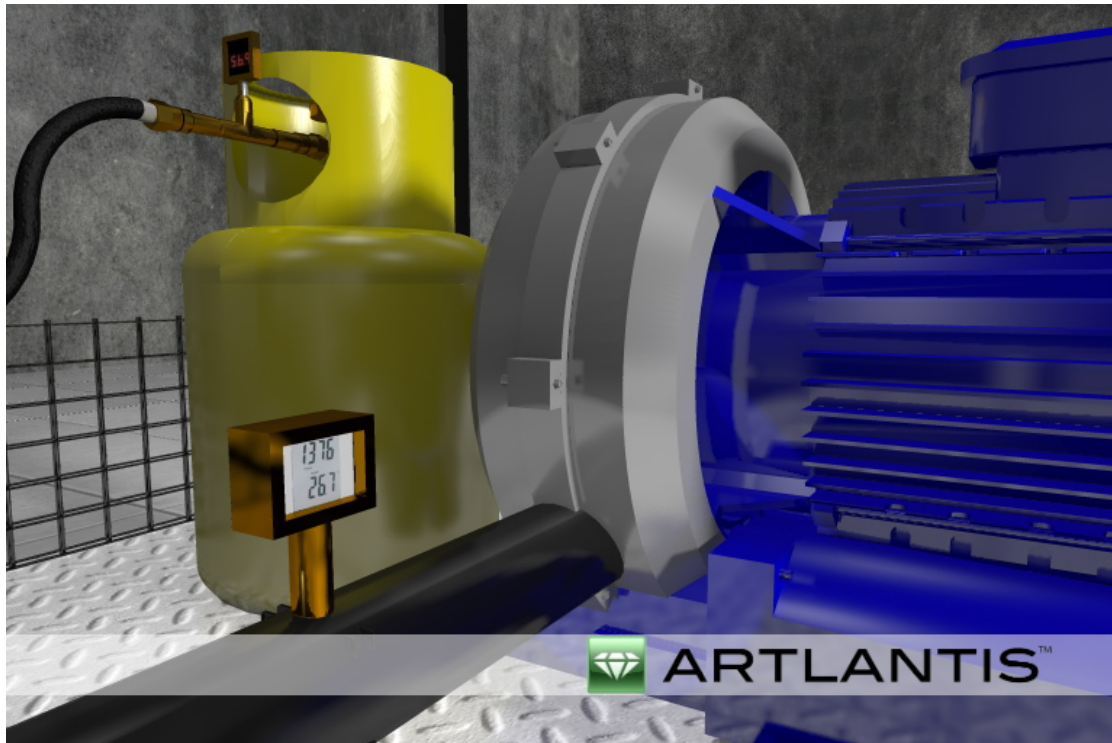


Figura 21: Aireador con su Programador de Caudal.

Software: Sketchup y Artlantis

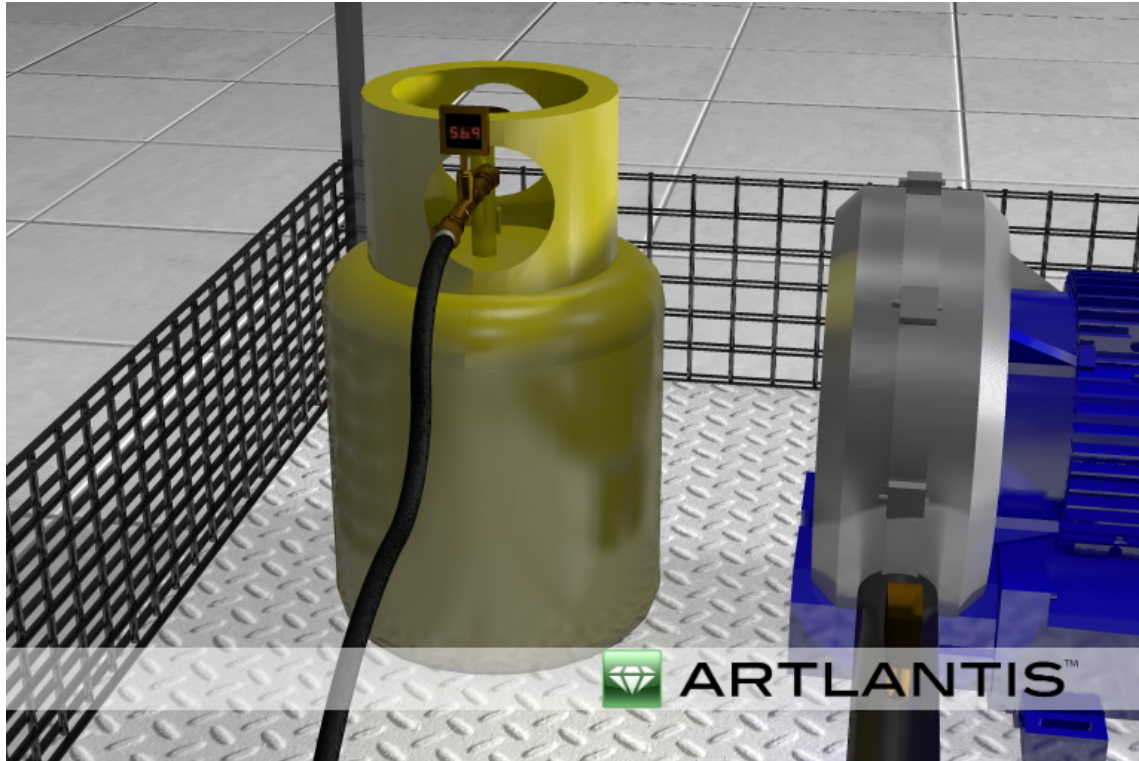


Figura 21: Tanque con Caudalímetro de Gas.

Software: Sketchup y Artlantis

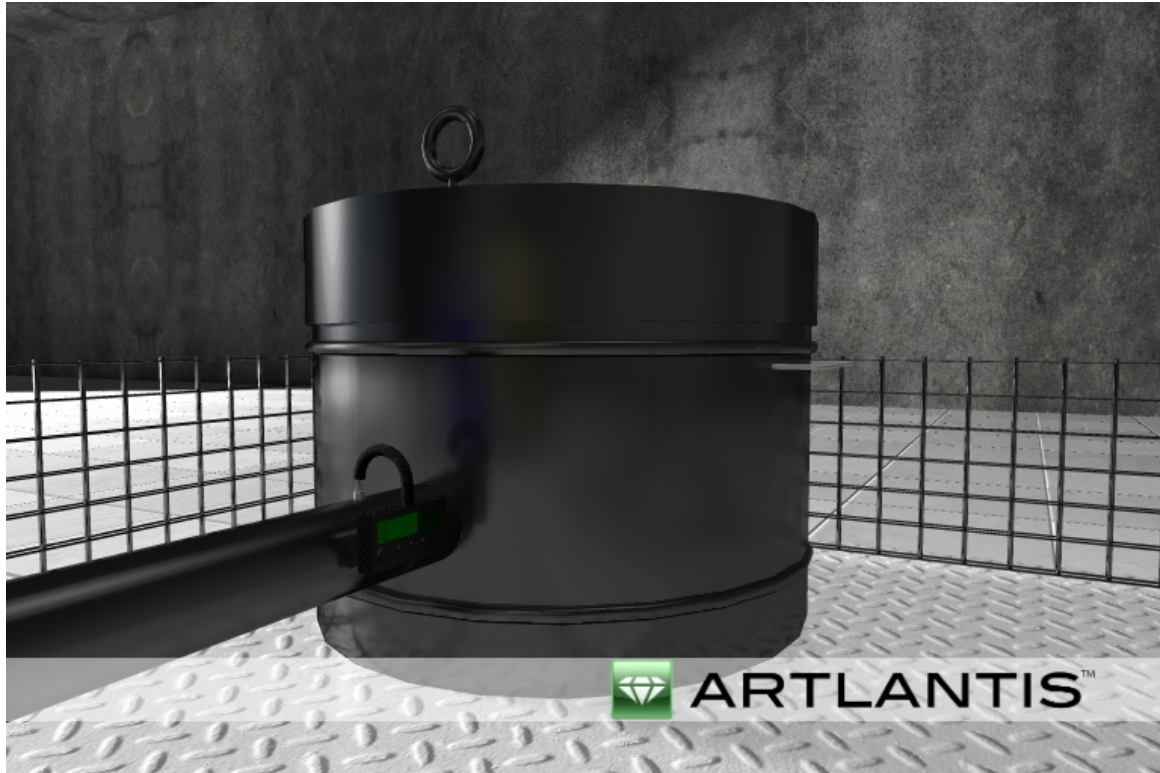


Figura 22: Horno de Fundición con su Programador de Chispa.

Software: Sketchup y Artlantis

Se instalará un sistema eléctrico para operar el encendido del equipo recurriendo al mismo sistema de encendido de las estufas utilizando la chispa de una bujía para evitar accidentes con el gas.

Se usará un equipo reglamentario para manipular la planta debido a las altas temperaturas que alcanza el horno de fundición y evitar accidentes cuando se esté trabajando. Para extraer el crisol se usarán unas pinzas industriales.

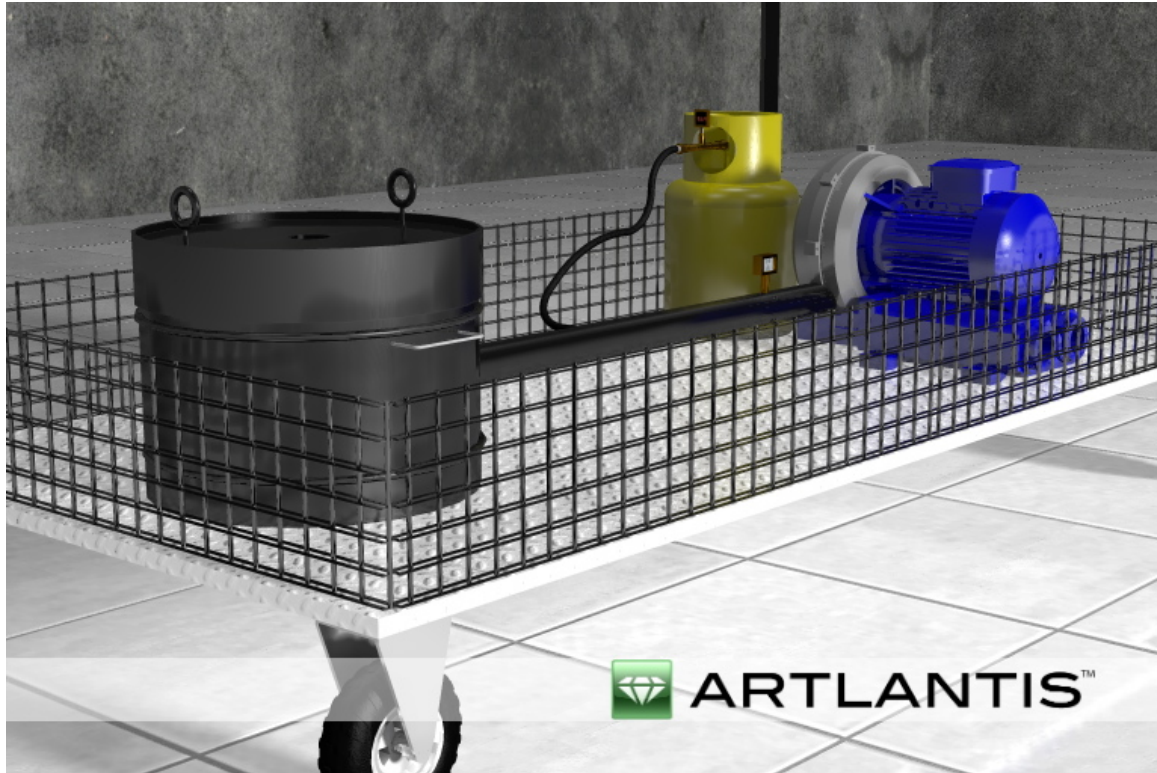


Figura 22: Planta

Software: Sketchup y Artlantis

En esta tabla se aprecian el listado de los materiales a utilizar y con su valor aproximado en el mercado, dependiendo la marca y el local de donde se adquieran los materiales el precio varía.

Material	Precio MN	Cantidad	Total
Tabique Refractario pieza de 23x11x6	40	30	1200
Tanque 5 kg	600	1	600
Soplador	1000	1	1000
Mortero 25 kg	1000	1	1000
Tubo de Acero	100	1	100
Regulador de Aire	600	1	600
Regulador de Gas LP	1000	1	1000
Accesorios	2000	1	2000
		Total Neto	7500 MN

Capítulo 5

Conclusiones

Al diseñar este horno con propósitos didácticos se presentaron varios inconvenientes debido a tamaño y proporciones del equipo debido a que el laboratorio cuenta con un espacio limitado. Pero al diseñar un pequeño horno de cubilote fue posible ahorrar inversión en un horno prediseñado reduciendo significativamente los gastos. Además este horno cumple con el objetivo establecido que es un horno didáctico y educativo, sus principales ventajas es que el ahorro de combustible debido a la limitada cantidad de material a fundir, el ahorro de espacio y el ahorro de dinero se reducen elocuentemente haciendo de este equipo una óptima inversión escolar.

Los costos pueden ser reducidos notablemente si los equipos son adquiridos como objetos de segunda mano y utilizando materiales reciclados.

El costo de un horno de fundición nuevo oscila en un precio estimado de los 20,000 a los 40,000 pesos mexicanos.

Anexos

A.1 Hojas de Seguridad y Control de Material

A.1.1 Carbón

De acuerdo a lo obtenido en la hoja de seguridad de la empresa (Tracoquim, 2013) se pueden mencionar como características principales las siguientes:

Identificación

Efectos de Salud Agudos: Irritación a la piel y a los ojos con el contacto. La Inhalación causará la irritación a los pulmones y a la membrana mucosa. La Irritación en los ojos causará el lagrimeo y el enrojecimiento. Son característicos de la inflamación de la piel el enrojecimiento, el escalamiento y la comezón. Siga las prácticas seguras de la higiene industrial y utilice siempre el equipo protector al manejar este compuesto.

Efectos de Salud Crónicos: Este producto no tiene ningún efecto crónico sabido. La repetida o prolongada exposición a este compuesto no se sabe que pueda agravar las condiciones médicas.

Efectos Agudo de Salud: Este producto no está enlistado por NTP, IARC o regulado como agente carcinógeno por OSHA.

Manejo y Almacenaje

Temperaturas de Almacenaje: Almacene a temperatura ambiente.

Vida Útil: Ilimitado en envase firmemente cerrado. Sensibilidad Especial: Ninguno

Precauciones de Manejo / Almacenaje: Evite respirar el polvo. Evite el contacto en ojos y/o piel. Lávese a fondo después de manejar. Almacene en un lugar seco lejos de la luz directa del sol, del calor y de los materiales incompatibles. Reselle los envases inmediatamente después de usarlos. Almacene lejos de los alimentos y de las bebidas.

Protección y Controles a la Exposición del Personal

Protección a los Ojos: Gafas de seguridad o anteojos.

Protección a la Piel: Guantes de PVC, botas impermeables, delantal o batas. Los empleados deben lavarse las manos y cara antes de comer, beber o fumar productos de tabaco.

Respirador: Las concentraciones en el ambiente del trabajo se deben supervisar continuamente y si se excede el límite recomendado de exposiciones debe utilizar una mascarilla aprobado por NIOSH/ MSHA

Ventilación: Utilice la ventilación local si los polvos son un problema, para mantener los niveles debajo del límite recomendado de la exposición.

Medidas Protectoras Adicionales: Las regaderas y las estaciones de emergencia para el lavado de ojos deben estar disponibles. Eduque y entrene a empleados en el uso seguro y el manejo de productos químicos peligrosos.

Información Toxicológica

Rutas de Exposición: Contacto visual. Ingestión. Inhalación. Contacto de la piel.

Datos de Toxicidad: Este material no ha demostrado tener ningún efecto dañino a largo plazo.

Efectos Tóxicos Crónicos: Ninguno

Efectos Tóxicos Agudos: Causa cambios fácilmente reversibles, los cuales desaparecen después de la exposición.

Información Ecológica

Ecotoxicidad: No está disponible.

Consideraciones de la Disposición

Método de la Disposición de los Desperdicios: La disposición de los desperdicios se debe hacer de acuerdo con las regulaciones ambientales existentes tanto federales, como estatales y locales.

Información Reguladora

Estatus OSHA: Este producto es peligroso bajo criterios del Comunicado Federal del Peligro de OSHA Estándar 29 CFR 1910.1200.

Inventario Químico TSCA: Este compuesto está en la sustancia tóxica de EPA Controle la lista del inventario del acto (TSCA)

Inventario Químico de TSCA: Este compuesto se encuentra dentro del inventario del acta de control de sustancias químicas (TSCA por sus siglas en inglés) de EPA

Asunto 65 de California: De acuerdo a nuestro conocimiento, este producto no contiene ningún nivel de las sustancias mencionadas, que el estado de California ha encontrado que puedan causar cáncer, defectos del nacimiento o a otros efectos reproductivos.

SARA 313 Título III: Sección 302, Sustancias extremadamente peligrosas: Ninguno

Sección 311/312, Categorías peligrosas: Ninguno Sección 313, Productos químicos tóxicos:

Ninguno

A.1.2 Gas LP

De acuerdo a lo obtenido en la hoja de seguridad de la empresa (Gassaga, 2013) se pueden mencionar como características principales las siguientes:

Identificación del Producto

Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No HDSSQ-LPG

Nombre del Producto Gas licuado comercial, con odorífero

Nombre Químico Mezcla Propano-Butano

Familia Química Hidrocarburos del Petróleo

Fórmula $C_3H_8 + C_4H_{10}$

Sinónimos Gas LP, LPG, gas licuado del petróleo, Liquefied Petroleum Gas (LPG)

Identificación de Riesgos

HR: 3 = (HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).

El gas licuado tiene un nivel de riesgo alto, sin embargo, cuando las instalaciones se diseñan, construyen y mantienen con estándares rigurosos, se consiguen óptimos atributos de confiabilidad y beneficio. La LC50 (Concentración Letal cincuenta de 100 ppm), se considera por la inflamabilidad de este producto y no por su toxicidad.

Situación de Emergencia

Cuando el gas licuado se fuga a la atmósfera, vaporiza de inmediato, se mezcla con el aire ambiente y se forman súbitamente nubes inflamables y explosivas, que al exponerse a una fuente de ignición (chispas, flama y calor) producen un incendio o explosión. El múltiple de escape de un motor de combustión interna (435 °C) y una nube de vapores de gas licuado, provocarán una explosión. Las conexiones eléctricas domésticas o industriales en malas condiciones (clasificación de áreas eléctricas peligrosas) son las fuentes de ignición más comunes.

Utilícese preferentemente a la intemperie o en lugares con óptimas condiciones de ventilación, ya que en espacios confinados las fugas de LPG se mezclan con el aire formando nubes de vapores explosivos, éstas desplazan y enrarecen el oxígeno disponible para respirar. Su olor característico puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente, sin embargo el sentido del olfato se perturba a tal grado que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas. Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire (su densidad relativa es 2.01; aire =1).

Efectos Potenciales para la Salud

OSHA PEL: TWA 1000 ppm (Límite de exposición permisible durante jornadas de 8 h para trabajadores expuestos día tras día sin sufrir efectos adversos)

NIOSH REL: TWA 350 mg/m³; CL 1800 mg/m³/15 min (Exposición a esta concentración promedio durante una jornada de 8 h).

ACGIH TLV: TWA 1000 ppm (Concentración promedio segura, debajo de la cual se cree que casi todos los trabajadores se pueden exponer día tras día sin efectos adversos).

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

PEL: Permissible Exposure Limit.

CL: Ceiling Limit: En TLV y PEL, la concentración máxima permisible a la cual se puede exponer un trabajador.

TWA: Time Weighted Average: Concentración en el aire a la que se expone en promedio un trabajador durante 8 h, ppm o mg/m³.

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.

REL: Recommended Exposure Limit.

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

TLV: Threshold Limit Value.

Primeros Auxilios

Ojos: La salpicadura de este líquido puede provocar daño físico a los ojos desprotegidos, además de quemadura fría, aplicar de inmediato y con precaución agua tibia. Busque atención médica.

Piel: Las salpicaduras de este líquido provocan quemaduras frías, deberá rociar o emparar el área afectada con agua tibia o corriente. No use agua caliente. Quítese la ropa y los zapatos impregnados. Solicite atención médica.

Inhalación: Si detecta la presencia de gas en la atmósfera, solicite ayuda o inicie el “Plan de emergencia”.

Si no puede ayudar o tiene miedo, aléjese. Debe advertirse que en altas concentraciones (más de 1000 ppm), el gas licuado es un asfixiante simple, debido a que diluye el oxígeno disponible para respirar. Los efectos de una exposición prolongada pueden incluir: dolor de cabeza, náuseas, vómito, tos, depresión del sistema nervioso central, dificultad al respirar, somnolencia y desorientación. En casos extremos pueden presentarse convulsiones, inconsciencia, incluso la muerte como resultado de la asfixia. En caso de intoxicación retire a la víctima para que respire aire fresco, si esta inconsciente, inicie resucitación cardiopulmonar (CPR). Si presenta dificultad para respirar administre oxígeno medicinal (solo personal calificado). Solicite atención médica inmediata.

Ingestión: La ingestión de este producto no se considera como una vía potencial de exposición.

Respuesta en Caso de Fuga

En caso de fuga: Se deberá evacuar el área inmediatamente, cerrar las llaves de paso, bloquear las fuentes de ignición y disipar la nube de vapores; solicite ayuda a la Central de Fugas de Gas de su localidad.

Precauciones para el Manejo y Almacenamiento

Almacene los recipientes en lugares autorizados, (NOM-056-SCFI-1994, “Bodegas de Distribución de Recipientes Portátiles para Gas LP”), lejos de fuentes de ignición y de calor. Disponga precavidamente de lugares separados para almacenar diferentes gases comprimidos o inflamables, de acuerdo a las normas aplicables. Almacene invariablemente todos los cilindros

de gas licuado, vacíos y llenos, en posición vertical, (con esto se asegura que la válvula de alivio de presión del recipiente, siempre esté en contacto con la fase vapor del LPG). No deje caer ni maltrate los cilindros. Cuando los cilindros se encuentren fuera de servicio, mantenga las válvulas cerradas, con tapones o capuchones de protección de acuerdo a las normas aplicables. Los cilindros vacíos conservan ciertos residuos, por lo que deben tratarse como si estuvieran llenos (NFPA-58, “Estándar para el Almacenamiento y Manejo de Gases Licuados del Petróleo”).

Precauciones en el Manejo: Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire y se pueden concentrar en lugares bajos donde no existe una buena ventilación para disiparlos. Nunca busque fugas con flama o cerillos. Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas. Asegúrese que la válvula del contenedor esté cerrada cuando se conecta o se desconecta un cilindro. Si nota alguna deficiencia o anomalía en la válvula de servicio, deseche ese cilindro y repórtelo de inmediato a su distribuidor de gas. Nunca inserte objetos dentro de la válvula de alivio de presión.

Controles Contra Exposición / Protección Personal

Ventile las áreas confinadas, donde puedan acumularse mezclas inflamables. Acate la normatividad eléctrica aplicable a este tipo de instalaciones (NFPA-70, “Código Eléctrico Nacional”).

Protección Respiratoria: En espacios confinados con presencia de gas, utilice aparatos auto contenidos para respiración (SCBA para 30 ó 60 min o para escape 10 ó 15 min), en estos casos la atmósfera es inflamable o explosiva, requiriendo tomar precauciones adicionales.

Ropa de Protección: El personal especializado que interviene en casos de emergencia, deberá utilizar chaquetones y equipo para el ataque a incendios, además de guantes, casco y protección facial, durante todo el tiempo de exposición a la emergencia.

Protección de Ojos: Se recomienda utilizar lentes de seguridad reglamentarios y, encima de éstos, protectores faciales cuando se efectúen operaciones de llenado y manejo de gas licuado en cilindros y/o conexión y desconexión de mangueras de llenado

Otros Equipos de Protección: Se sugiere utilizar zapatos de seguridad con suela anti-derrapante y casquillo de acero.

Información Toxicológica

El gas licuado no es tóxico; es un asfixiante simple que, sin embargo, tiene propiedades ligeramente anestésicas y que en altas concentraciones produce mareos.

No se cuenta con información definitiva sobre características carcinogénicas, mutagénicas, órganos que afecte en particular, o que desarrolle algún efecto tóxico.

Información Ecológica

El efecto de una fuga de Gas LP es local e instantáneo sobre la formación de oxidantes fotoquímicos en la atmósfera. No contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono (40 CFR Parte 82). No está en la lista de contaminantes marinos DOT (49 CFR Parte 1710).

Consideraciones para Disponer de sus Desechos

Disposición de Desechos: No intente eliminar el producto no utilizado o sus residuos. En todo caso regréselo al proveedor para que lo elimine apropiadamente.

Los recipientes vacíos deben manejarse con cuidado por los residuos que contiene. El producto residual puede incinerarse bajo control si se dispone de un sistema adecuado de quemado. Esta operación debe efectuarse de acuerdo a las normas mexicanas aplicables.

Información Adicional

Las instalaciones, equipos, tuberías y accesorios (mangueras, válvulas, dispositivos de seguridad, conexiones, etc.) utilizados para el almacenamiento, manejo y transporte del gas licuado deben diseñarse, fabricarse y construirse e de acuerdo a las normas aplicables.

Extinción de Incendios: Polvo Químico Seco (púrpura K = bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico) bióxido de carbono y agua esperada para enfriamiento. Apague el fuego, solamente después de haber bloqueado la fuente de fuga.

Instrucciones Especiales para el Combate de Incendios.

a) Fuga a la atmósfera de gas licuado, sin incendio:

- Esta es una condición realmente grave, ya que el gas licuado al ponerse en contacto con la atmósfera se vaporiza de inmediato, se mezcla rápidamente con el aire ambiente y produce nubes de vapores con gran potencial para explotar y explotarán violentamente al encontrar una fuente de ignición.
- Algunas recomendaciones para evitar este supuesto escenario, son:
- Asegurar anticipadamente que la integridad mecánica y eléctrica de las instalaciones estén en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento).
- Si aun así llega a fallar algo, deberán instalarse precavidamente:

Detectores de mezclas explosivas, de calor y humo con alarmas sonoras y visuales.

- Válvulas en entradas y salidas, en prevención a rotura de mangueras
- Disponibilidad de agua contra incendios.
- Extintores portátiles.
- Los usuarios de este producto deben conocer la ubicación de los bloqueos en cilindros, tanques estacionarios o la red de distribución de gas, así como localización de los quemadores. Deberán tener un plan de contingencias para atacar incendios o emergencias.
- Deberán llevarse a cabo simulacros, para optimizar el plan de contingencias.

No intente apagar el incendio sin antes bloquear la fuente de fuga, ya que si se apaga y sigue escapando gas, se forma una nube de vapores con gran potencial explosivo. Pero deberá enfriar con agua rociada los equipos o instalaciones afectadas por el calor del incendio.

A.1.3 Acetileno

De acuerdo a lo obtenido en la hoja de seguridad de la empresa (Infra, 2013) se pueden mencionar como características principales las siguientes:

Datos Generales del Producto

Nombre Químico (1): Etino

Nombre Comercial: Acetileno

Sinónimos: Etino, Acetileno, Vinileno

Formula: C_2H_2

Familia Química: Alquino

Inf. Relevante: Gas Altamente Inflamable

Riesgos de Fuego o Explosión

Medio de Extinción:

Agua: Se puede utilizar

Espuma: Se puede utilizar

Dióxido de Carbono (CO₂): Se puede utilizar

Polvo Químico: Se puede utilizar

Otros Métodos: Se pueden utilizar todos los medios de extinción conocidos

Equipo de Protección Específico para el Combate de Incendios:

En situaciones de respuesta que incluyan la exposición a niveles potencialmente peligrosos de acetileno, deberá llevarse puesto un aparato de respiración autónomo. El traje para bomberos profesionales proporcionara solamente protección limitada. Proteger al personal del calor irradiado con una cortina de agua pulverizada y otras medidas protectoras contra el calor.

Procedimiento y Precauciones Especiales Durante el Combate de Incendios

No extinga un incendio de fuga de gas a menos que la fuga pueda ser detenida.

Pequeño: Polvos químicos secos o CO₂.

Incendio Grande: Use rocío de agua o niebla. Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo.

Incendio que involucra Tanques: Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice

soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores. Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido. No ponga agua directamente a la fuente de la fuga o mecanismos de seguridad; puede ocurrir congelamiento. Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventilas, o si el tanque se empieza a decolorar. Siempre manténgase alejado de tanques envueltos en fuego. Para incendio masivo, utilizar los soportes fijos para mangueras o los chiflones reguladores; si esto es imposible, retirarse del área y dejar que arda.

Condiciones que Conducen a Otro Riesgo Especial

La combustión incompleta puede formar Monóxido de Carbono. Ante la exposición al calor intenso o fuego, el cilindro se vaciará rápidamente y/o se romperá violentamente. Mantener los envases y los alrededores fríos con agua pulverizada. Extinguir el incendio sólo cuando la fuga de gas pueda ser detenida. Si es posible, cortar la fuente del gas y dejar que el incendio se extinga por sí solo. No extinguir una fuga de gas inflamable si no es absolutamente necesario. Se puede producir la re-ignición espontánea explosiva. Extinguir los otros fuegos. Alejarse del envase y enfriarlo con agua desde un lugar protegido. Mantener fríos los cilindros adyacentes mediante pulverización con gran cantidad de agua hasta que el fuego se extinga por sí solo. En caso de que las llamas sean extinguidas accidentalmente, puede producirse una re-ignición explosiva, y por eso deben tomarse las medidas necesarias; p.e.: la evacuación total para proteger a las personas de los fragmentos del cilindro y del humo tóxico en caso de ruptura.

Productos de la Combustión que sean Nocivos para la Salud

Monóxido de Carbono

Datos de Reactividad:

Condiciones de Estabilidad: Estable en condiciones normales.

Condiciones de Inestabilidad: Nunca utilice acetileno fuera del acumulador a presiones mayores a 15 psi (1.0 kg/cm²). Evite golpear los acumuladores de acetileno.

Nunca exponga los acumuladores de acetileno a fuentes de calor.

Incompatibilidad: En algunas condiciones el acetileno puede reaccionar con cobre, plata y mercurio, formando acetiluros cuyos compuestos pueden ser fuente de ignición. Los latones que contienen menos de 65% de cobre en aleación y algunas aleaciones de níquel pueden ser adecuados para el servicio de acetileno bajo condiciones normales.

El acetileno puede reaccionar explosivamente combinado con oxígeno y otros oxidantes incluyendo todos los halógenos y sus compuestos. La presencia de humedad, de ciertos ácidos, o de materiales alcalinos tiende a realzar la formación de los acetiluros de cobre. Oxígeno. Oxidantes.

Residuos Peligrosos de la Descomposición: Acetileno se descompondrá en carbono, oxido de carbono e hidrógeno bajo las condiciones arriba citadas.

Polimerización Espontanea: Polimeriza con desprendimiento de calor. Evite contacto con agentes endurecedores, aceleradores y/o iniciadores.

Otros: NA

Riesgos a la Salud y Primeros Auxilios

Vía de Ingreso al Organismo:

Ingestión: La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.

Inhalación: Los síntomas tales como dolores de cabeza, mareos, falta de respiración y pérdida del conocimiento pueden ocurrir si el acetileno está presente en el aire en cantidades suficientes para diluir la concentración de oxígeno. Los síntomas de anoxia solo ocurrirán cuando las concentraciones del gas se encuentren dentro del rango de inflamabilidad y la mezcla no haya encendido. (No entre en áreas donde la concentración de acetileno se encuentre dentro del rango de inflamabilidad debido al peligro de explosión o incendio). Utilice un medidor de gases inflamables (exposímetro) calibrado para medir las concentraciones del gas en el aire.

Contacto: El contacto con gas o gas licuado puede causar quemaduras, lesiones severas y/o quemaduras por congelación.

Carcinogénica: Sin efectos negativos

Emergencia y Primeros Auxilios:

Mueva a la víctima a donde se respire aire fresco. Llamar a los servicios médicos de emergencia. Aplicar respiración artificial si la víctima no respira. Suministrar oxígeno si respira con dificultad. Quitar y aislar la ropa y el calzado contaminados. Mantener a la víctima en reposo y con temperatura corporal normal. Asegúrese que el personal médico tenga conocimiento de los materiales involucrados, y tomar las precauciones para protegerse a sí mismos.

Medidas Precautorias en Caso de:

Ingestión: Si se ingesta una cantidad grande, llamar a los servicios médicos de emergencia.

Inhalación: En caso de dificultad respiratoria, dar oxígeno. Salir al aire libre. Si la respiración es dificultosa o se detiene, proporcione respiración asistida. Se puede suministrar oxígeno suplementario. Si se detiene el corazón, el personal capacitado debe comenzar de inmediato la resucitación cardiopulmonar. Llamar a los servicios médicos de emergencia.

Contacto: En caso de contacto con gas licuado, descongelar las partes con agua tibia. En caso de quemaduras, inmediatamente enfríe la piel afectada todo el tiempo que pueda con agua fría. No remueva la ropa que está adherida a la piel.

Otros Riesgos o Efectos a la Salud:

Llamar a los servicios médicos de emergencia en cualquier caso de exposición.

Controles de Exposición:

Disposiciones de ingeniería: Es necesario garantizar la ventilación natural o a prueba de explosiones de manera que el gas inflamable no alcance su límite inferior de explosión.

Protección respiratoria: Las concentraciones altas que pueden causar asfixia son inflamables y no se aconseja permanecer expuesto a ellas.

Protección de las manos: Para el trabajo con cilindros se aconsejan guantes reforzados. La caducidad de los guantes seleccionados debe ser mayor que el periodo de uso previsto.

Protección de los ojos: Se aconseja el uso de gafas de protección durante la manipulación de cilindros.

Protección de la piel y del cuerpo: Durante la manipulación de cilindros se aconseja el uso de zapatos de protección.

Llevar cuando sea apropiado: Ropa protectora retardante a la llama.

Instrucciones especiales de protección e higiene: Asegurarse de una ventilación adecuada, especialmente en locales cerrados.

Indicaciones en Caso de Fuga o Derrame

Procedimiento y Precauciones Inmediatas:

Aísle el área del derrame o escape como mínimo 100 m en todas las direcciones. Mantener alejado al personal no autorizado. Permanezca en dirección del viento. Muchos de los gases son más pesados que el aire y se dispersan a lo largo del suelo y se juntan en las áreas bajas o confinadas (alcantarillas, sótanos, tanques). Retirar todas las fuentes de ignición. Nunca entrar en un espacio confinado u otra área, donde la concentración del gas inflamable es superior al 10% de su nivel inferior de inflamabilidad. Ventilar la zona.

Método de Mitigación:

Eliminar todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en el área de peligro). Todo el equipo que se use durante el manejo del producto, deberá estar conectado eléctricamente a tierra. Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo. No tocar ni caminar sobre el material derramado. No ponga agua directamente al derrame o fuente de la fuga. Use rocío de agua para reducir los vapores; o desviar la nube de vapor a la deriva.

Evite que flujos de agua entren en contacto con el material derramado. Si es posible, voltee los contenedores que presenten fugas para que escapen los gases en lugar del líquido. Prevenga la

entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas. Aísle el área hasta que el gas se haya dispersado.

Protección Especial Específica para Situaciones de Emergencia

Equipo de Protección Especial Específico: En situaciones de respuesta que incluyan la exposición a niveles potencialmente peligrosos de acetileno, deberá llevarse puesto un aparato de respiración autónomo. El traje para bomberos profesionales proporcionara solamente protección limitada.

Información Sobre Transportación

Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor. Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o de una emergencia. Debe portar el rombo de señalamiento de seguridad (gas no inflamable) con el número de naciones unidas ubicando en la unidad según NOM-004-STC/2008. Cada envase requiere una etiqueta de identificación con información de riesgos primarios y secundarios. La unidad deberá contar con su hoja de emergencia en transportación con la información necesaria para atender una emergencia según NOM-005-STC/2008.

Los cilindros deberán ser transportados en posición vertical y en unidades bien ventiladas, nunca transporte en el compartimiento de pasajeros del vehículo.

Información Sobre Ecología

No se espera ningún efecto ecológico. El acetileno no contiene ningún químico Clase I o Clase II que reduzca el ozono. No se anticipa ningún efecto en la vida de las plantas. No causa daño a la

vida acuática. Es moderadamente tóxico en peces. Su volatilidad y baja solubilidad sugieren que el agua no se pondrá en estado de polución crítica debido a escapes accidentales. El Acetileno por sus características se encuentra dentro del listado de los productos que si se almacenan, producen o transportan en cantidades iguales o mayores a 500 kg se consideran la actividad como de alto riesgo.

Método de Eliminación de Desechos:

No intente colocar gas residual en otros cilindros. Regrese el acumulador a INFRA para desecharlo. No descargar en áreas donde hay riesgo de que se forme una mezcla explosiva con el aire. El gas residual debe ser quemado a través de un quemador adecuado que disponga de anti-retroceso de llama.

Precauciones Especiales

Manejo, Transporte y Almacenamiento:

Precauciones para una manipulación segura: Los cilindros de Acetileno pesan más que otros porque contienen material poroso y acetona. Nunca usar acetileno a presión superior a 15 psi.

Proteger los cilindros contra daños físicos; no tirar, no rodar, ni dejar caer. La temperatura en las áreas de almacenamiento no debe exceder los 50 °C.

Los gases comprimidos o líquidos criogénicos sólo deben ser manipulados por personas con experiencia y debidamente capacitadas. Antes de usar el producto, identificarlo leyendo la etiqueta. Antes del uso del producto se deben conocer y entender sus características así como los peligros relacionados con las mismas. En caso de que existan dudas sobre los procedimientos del

uso correcto de un gas concreto, ponerse en contacto con INFRA. No quitar ni borrar las etiquetas entregadas por el proveedor para la identificación del contenido de los cilindros. Para la manipulación de cilindros se deben usar, también para distancias cortas, carretillas destinadas al transporte de cilindros. No quitar el protector de seguridad de la válvula hasta que el cilindro no esté sujeto a la pared, mesa de trabajo o plataforma, y listo para su uso. Para quitar las protecciones demasiado apretadas u oxidadas usar una llave inglesa ajustable. Antes de conectar el envase comprobar la adecuación de todo el sistema de gas, especialmente los indicadores de presión y las propiedades de los materiales. Antes de conectar el envase para su uso, asegurar que se ha protegido contra la aspiración de retorno del sistema al envase. Asegurar que todo el sistema de gas es compatible con las indicaciones de presión y con los materiales de construcción. Asegurarse antes del uso de que no existan fugas en el sistema de gas. Usar los equipos de regulación y de presión adecuados en todos los envases cuando el gas es transferido a sistemas con una presión menor que la del envase. No insertar nunca un objeto (p.e. llave, destornillador, palanca, etc.) a las aberturas del protector de la válvula. Tales acciones pueden deteriorar la válvula y causar una fuga. Abrir la válvula lentamente. Si el usuario ve cualquier problema durante la manipulación de la válvula del cilindro, debe interrumpir su uso y ponerse en contacto con INFRA. Cerrar la válvula del envase después de cada uso y cuando esté vacío, incluso si está conectado al equipo. Nunca intente reparar o modificar las válvulas de un envase o las válvulas de seguridad. Sustituir los protectores de válvulas o tapones y los protectores de los envases tan pronto como el envase sea desconectado. No someter los envases a golpes mecánicos anormales, que pueden deteriorar las válvulas o equipos de protección. Nunca intente levantar el cilindro / envase por el protector de la válvula. No usar envases como rodillos o soportes, o para cualquier otro propósito que no sea contener el gas, tal como ha sido

suministrado. Nunca crear un arco voltaico en un cilindro de gas comprimido o hacer que el cilindro forme parte de un circuito eléctrico. No fumar durante la manipulación de productos o cilindros.

Nunca re-comprimir el gas o la mezcla de gases sin consultarlo previamente con INFRA. Nunca intente transferir gases de un cilindro / envase a otro. Usar siempre válvulas anti-retorno en las tuberías. Purgar el aire del sistema antes de introducir el gas. Al devolver el cilindro instalar el tapón protector de la válvula o tapón protector de fugas.

Nunca usar fuego directo o calentadores eléctricos para aumentar la presión en el envase. Se debe evitar la exposición prolongada a temperaturas inferiores a los -30 °C. Asegúrese que el equipo está adecuadamente conectado a tierra.

Condiciones de almacenamiento seguro, incluyendo cualquier incompatibilidad: Los envases deben ser almacenados en un lugar especialmente construido y bien ventilado, preferiblemente al aire libre. Tener en cuenta todas las leyes y requisitos locales sobre el almacenamiento de envases. Los envases almacenados deben ser controlados periódicamente en cuanto a su estado general y fugas. Proteger los envases almacenados al aire libre contra la corrosión y las condiciones atmosféricas extremas. Los envases no deben ser almacenados en condiciones que puedan acelerar la corrosión. Los envases deben ser almacenados en posición vertical y asegurados para prevenir las caídas. Las válvulas de los contenedores deben estar bien cerradas y donde sea necesario, las salidas de las válvulas deben ser protegidas con tapones. Los protectores de las válvulas o tapones deben estar en su sitio.

Mantener los envases herméticamente cerrados en un lugar fresco y bien ventilado. Los envases deben ser almacenados en lugares libres de riesgo de incendio y lejos de fuentes del calor e

ignición. Los cilindros llenos se deben separar de los vacíos. No permitir que la temperatura de almacenamiento alcance los 50 °C. Prohibido fumar en las zonas de almacenamiento o durante la manipulación de productos o los envases. Colocar señales "Se prohíbe fumar y usar el fuego abierto" en las áreas de almacenamiento. La cantidad almacenada de gases inflamables o tóxicos debe ser mínima. Devolver los envases con puntualidad.

Medidas técnicas/Precauciones: Los recipientes deben ser separados en el área de almacenamiento según las distintas categorías (p.e.: inflamable, tóxico, etc.) y conforme a la reglamentación local. Manténgase lejos de materias combustibles. Todo equipo eléctrico en áreas de almacenamiento debe ser compatible con los materiales inflamables almacenados. Los envases con gases inflamables deben ser almacenados lejos de otros materiales combustibles. Donde sea necesario, los envases de oxígeno y oxidantes deben ser separados de los gases inflamables por una separación resistente al fuego.

Información del Etiquetado

Precauciones:

Gas inflamable envasado a alta presión puede formar mezclas explosivas con el aire los fusibles de seguridad superiores, inferiores y la válvula son fundidos en temperatura de 98 °C a 107 °C (208 °F – 224 °F) no utilice en presiones mayores a 15 psi (103 kPa).

Manténgase alejado del calor, flama o chispa

Almacene y use con ventilación adecuada

Nunca transporte el producto en camión de carga o pasajeros sin ventilación

El cilindro no debe exceder de 52 °C (125 °F)

Cierre la válvula después de usar el cilindro y cuando este vacío

Utilice dispositivos para evitar el retroceso de flujo en la tubería

Usar de acuerdo a la hoja de seguridad

Nota: El producto contiene acetona pudiendo producir irritación. Su aroma es parecido al ajo.

A.2 Unidades

\bar{C} = calor de combustión total del combustible.

C_i = calor de combustión del elemento.

X_i = Fracción volumen o fracción mol.

qs = Calor sensible.

ql = Calor latente.

qt = Calor total.

m = masa.

C = Calor específico.

ΔT = Diferencia de temperaturas.

λ = Calor latente de fusión.

n = Numero de moles.

PM = Peso molecular.

CDN = Cantidad de combustible necesario para fundir.

ρ = Densidad.

v = Volumen.

q = Calor.

k = conductividad térmica.

A = Area.

ΔX = Grosor de las paredes.

N = Numero de átomos.

\overline{PM} = Peso molecular promedio.

nt = Numero de moles totales.

Q = Caudal.

t = tiempo.

Z = Número máximo de elementos.

i = Número de elementos.

CDO = Cantidad de oxígeno necesario.

Bibliografía

- CICEANA*. (27 de 12 de 2013). Recuperado el 27 de 12 de 2013, de CICEANA:
<http://www.ciceana.org.mx/recursos/Mineria.pdf>
- Gassaga*. (03 de 11 de 2013). Recuperado el 03 de 11 de 2013, de Gassaga:
<http://www.gassaga.com/wp-content/uploads/2012/05/Hoja-Seguridad-Gas-LP.pdf>
- Infra*. (30 de 10 de 2013). Recuperado el 30 de 10 de 2013, de Infra:
http://www.infra.com.mx/servicio_atencion/libreria/gases/documentos/msds/acetileno.pdf
- Solerpalau*. (05 de 12 de 2013). Recuperado el 05 de 12 de 2013, de Solerpalau:
<http://www.solerpalau.es/es-es/hojas-tecnicas>
- Tracoquim*. (01 de 11 de 2013). Recuperado el 01 de 11 de 2013, de Tracoquim:
<http://www.tracoquim.com/nocontrolado/nueva/carbon.pdf>
- UNP*. (27 de 12 de 2013). Recuperado el 27 de 12 de 2013, de UNP:
http://www.ing.unp.edu.ar/ asignaturas/operaciones_fisicas_2/Versiones%20PDF/Tema%207-Dise%C3%B1o%20de%20Hornos.pdf
- Vicentiz*. (13 de 12 de 2013). Recuperado el 13 de 12 de 2013, de Vicentiz:
http://www.vicentiz.com/Acrobat/info_parcial/hornos/Hornos.pdf
- Fing*. (14 de 01 de 2014). Recuperado el 14 de 01 de 2014, de Fing:
<http://www.fing.edu.uy/imfia/sites/default/files/8-%20Compresores.pdf>
- Recursostic*. (05 de 01 de 2014). Recuperado el 05 de 01 de 2014, de Recursostic:
http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/3esohistoria/quincena2/quincena2_contenidos_6a.htm
- Unicam*. (11 de 01 de 2014). Recuperado el 11 de 01 de 2014, de Unicam:
<http://ocw.unican.es/ensenanzas-tecnicas/metalurgia-y-siderurgia/materiales/Bloque%203.3%20cobre.pdf>
- Bernus, S. (1983). Découvertes, hypothèses, reconstitution et preuve: le cuivre médiéval d'Aze Hk-Takedda (Niger). *Metallurgies Africaines. Nouvelles contributions. Mémoires de la Société des Africanistes*, 153 -171.
- Larousse. (17 de 12 de 2013). *Larousse*. Recuperado el 17 de 12 de 2013, de Larousse:
<http://www.larousse.com.mx/Home/Diccionarios/metalurgia>
- Mantilla, N. A. (2012). Diseño y Fabricacion De Horno De Fusión Basculante Para Aliaciones No Ferrosas. 61. Bucaramanga, Colombia.

Parraga, B. E. (2013). Diseño y Construcción De Un Horno Basculante De Crisol Para La Facultad De Mecánica Naval. Manta, Ecuador.

Ramírez. (2009). Diseño de un recuperador de calor para el horno tipo cubilote del taller de fundición. *Ingeniero Mecánico*. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos Guatemala.

STPS. (14 de 01 de 2014). *STPS*. Recuperado el 14 de 01 de 2014, de STPS:
<http://www.stps.gob.mx/bp/index.html>