

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE TECNOLOGIA**  
**CARRERA DE ELECTROMECHANICA**



**DISEÑO DE UN HORNO DE FUNDICIÓN PARA LA  
EMPRESA SER-TEC**

**Proyecto de grado presentado para la obtención del Título de Licenciatura**

**POR: LUIS ADOLFO ALIAGA SUÑAGUA**  
**TUTOR: ING. VICTOR HUGO CISNEROS ESPINOZA**

**LA PAZ – BOLIVIA**  
**JULIO, 2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

Un eterno agradecimiento a la facultad de Tecnología y en especial a la Carrera de Electromecánica por haberme cobijado en estos años, al plantel docente que supo guiar mi formación y transmitirme su conocimiento y experiencia, al director de carrera Msc. Ing. Marcelo Vásquez y mi tutor el Ing. Víctor Hugo Cisneros por su paciencia y apoyo durante el proceso de presentación de mi proyecto de grado

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por su constante aliento. A mi esposa Reina por su incondicional apoyo, a mi hija Abigail que hoy en día es la fuerza que me impulsa a seguir adelante.

## RESUMEN

En el presente proyecto se realiza el diseño de un Horno de Fundición con una capacidad de 50 Kg de Cobre, este horno es del tipo Basculante adecuándose al volumen y movilidad que necesita la empresa SER-TEC.

El diseño no está basada en un solo método y busca que la parte teórica no pierda su sentido y poder comprobar experimentalmente el proceso de fundición de aluminio, el tiempo de calentamiento, la cantidad de gas consumido, además de manifestar claramente procesos de combustión y transferencia de calor.

En el diseño se emplearon materiales como: crisol de grafito, ladrillo refractario, cemento refractario, concreto refractario, manta cerámica, acero inoxidable brillante, accesorios: tecla, quemador de alta presión, centralita de gas, termocupla e indicador de temperatura.

Mediante los cálculos se dimensiona la estructura del equipo con un, cuyas pérdidas de calor son evaluadas para asegurar de que las pérdidas de energía en forma de calor sean bajas, la cantidad de calor requerida para fundir la carga es de suma importancia porque mediante este parámetro se diseñan y especifican varios elementos de los tres sistemas que conforman al horno de Fundición. En el Horno se calentara que tarda 35 minutos hasta alcanzar los 900°C, el proceso de fundición tarda 45 minutos,

Se concluye que es viable el diseño de un horno de combustión industrial para fundir aluminio y Cobre reciclado, utilizando los materiales adecuados y con las medidas y condiciones establecidas en los cálculos.

## INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1. GENERALIDADES.....	2
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1 Identificación del Problema .....	3
1.2.2 Formulación del problema .....	3
1.3 OBJETIVOS .....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	4
CAPITULO 2. MARCO TEORICO.....	6
2.1 LA FUNDICIÓN .....	6
2.2 HORNOS DE FUNDICIÓN DE METALES .....	7
2.2.1 Horno de Cubilote .....	7
2.2.2 Horno de Reverbero .....	9
2.2.3 Horno Eléctrico .....	10
2.2.4 Horno de Crisol .....	11
2.2.5 Horno de Crisol Basculante .....	12
2.3 MATERIALES REFRACTARIOS.....	15
2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES.....	18
2.5 QUEMADOR .....	20
2.5.1 Quemador Atmosférico.....	21
2.5.2 Quemadores mecánicos.....	21
2.5.3 Instalación de un Quemador.....	23
CAPITULO 3. INGENIERIA DEL PROYECTO .....	25
.....	25
3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO .....	25
3.2 SISTEMAS DEL HORNO BASCULANTE .....	25
3.3 CÁLCULOS.....	27
3.3.1 Cálculo y selección de elementos del sistema Olla.....	27

3.3.2 Cálculo y selección de elementos del sistema de Calentamiento .....	29
3.3.3 Cálculo y selección de elementos del sistema Estructura Basculante.....	41
3.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS .....	55
3.4.1 Operación .....	55
3.4.2 Mantenimiento del Horno Basculante.....	59
CAPITULO 4. HOJAS DE PROCESO Y MONTAJE.....	64
4.1 HOJAS DE PROCESOS.....	64
4.2 HOJAS DE MONTAJE .....	70
CAPITULO 5. COSTOS.....	75
5.1 COSTO DE MATERIALES E INSUMOS .....	75
5.2 COSTO DE MANO DE OBRA.....	77
5.3 COSTO DE MANTENIMIENTO.....	77
5.4 COSTO DE OPERACIÓN DE SISTEMAS .....	79
5.5 COSTO TOTAL .....	79
CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
6.1 CONCLUSIONES .....	82
6.2 RECOMENDACIONES.....	82
BIBLIOGRAFIA .....	83

**DISEÑO DE UN HORNO DE FUNDICIÓN**

**PARA LA EMPRESA SER-TEC**

---



# DISEÑO DE UN HORNO DE FUNDICIÓN BASCULANTE PARA LA EMPRESA SER-TEC

---

## CAPITULO 1. GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

La fundición es un proceso muy utilizado en el ámbito industrial muy aplicado en empresas que se dedican a la elaboración de máquinas, herramientas, elementos decorativos y materiales para la construcción.

La problemática identificada en la empresa la demora que existe en el servicio de mantenimiento a causa de los tiempos de suministro en piezas que se obtienen por el proceso de fundición.

Por otro lado, del cambio de repuestos, se genera mucha chatarra, la que es acumulada en almacenes.

Con la experiencia adquirida en el mantenimiento de maquinaria industrial, la empresa SERTEC identifica una oportunidad de mercado ante la falta de abastecimiento de piezas de maquinaria para el mantenimiento, mediante la reutilización de la chatarra para producir dichas piezas, de buena calidad, a un precio competitivo con las características adecuadas para la maquinaria que la requiere y en el tiempo justo.



## **1.2 Planteamiento del problema**

### **1.2.1 Identificación del Problema**

Actualmente el servicio de mantenimiento que realiza la empresa se encuentra con deficiencias, justamente en la etapa de cambio de elementos (Anexo 4).

La falta de piezas o repuestos en el mercado, y esperar a que las casas comerciales lo tengan a disposición, ocasiona demora en el mantenimiento de la maquinaria o equipo que lo requiere, por otra parte, otra opción es conseguir las piezas de terceros, que son las microempresas de fundición, estas piezas se ilustran en el Anexo 5.

Este proyecto inicia el diseño y construcción de un horno de fundición basculante para la ampliación de la empresa SER-TEC.

Conseguir piezas de microempresas fundidoras, suma un tiempo extra al mantenimiento que realiza SERTEC, porque la entrega de estas piezas no es inmediata, sino que también los proveedores demoran en producir las piezas requeridas.

Estos factores inciden en la demora de los proyectos y trabajos de mantenimiento que realiza SERTEC. Por otro lado, durante la realización del mantenimiento de la mencionada máquina, se genera chatarra de metal (aluminio o bronce) como residuo que no pueden ser reutilizados por la empresa, por lo tanto se acumula.

### **1.2.2 Formulación del problema**

Es posible el Diseño de un Horno de Fundición para la Empresa SER-TEC para fabricar repuestos en el tiempo justo y las características adecuadas para la maquinaria que la requiere.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar un Horno de Fundición para la empresa SER-TEC para piezas de aluminio.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos del proyecto son:

- ✓ Determinar la problemática actual de la empresa
- ✓ Desarrollar la tecnología de diseño del horno :
- ✓ Generar hojas de procesos
- ✓ Generar planos del diseño
- ✓ Determinar los costos del proyecto
- ✓ Diseñar Plan de mantenimiento

## **1.4 Justificación**

La empresa SERTEC requiere la construcción de un Horno Basculante para Aleaciones no Ferrosas, dentro la vinculación Universidad-Industria se realizara el diseño y la construcción de este horno aplicando conocimientos de las áreas mecánica y de control automático.

La construcción de un Horno basculante abre una nueva línea de producción y una nueva oportunidad de negocio para la empresa SERTEC, incursionar en la comercialización de una producción en masa o realizando trabajos de fundición a pedido para atender un mercado local y en un futuro a nivel nacional.

La implementación de este equipo ayudara a optimizar el tiempo de fundido y facilidad al momento de vertido de metal en los moldes reduciendo defectos por efecto del enfriamiento prematuro, tiempo de vaciado y etapas intermedias. La capacidad del Horno es de 50 kg de aluminio, siendo este un volumen promedio y de acuerdo a los requerimientos de la empresa.

**DISEÑO DE UN HORNO DE FUNDICIÓN PARA  
LA EMPRESA SER-TEC**

---

**CAPITULO 2**  
**MARCO TEÓRICO**



## CAPITULO 2. MARCO TEORICO

### 2.1 La fundición

La fundición es un proceso de manufactura de metales en el que se calienta el metal hasta una temperatura de fusión del metal para luego verterla en moldes para darle una forma requerida. La figura 2 nos muestra este proceso de manera sencilla (Sañuela, B. Napoles, A., 2000).

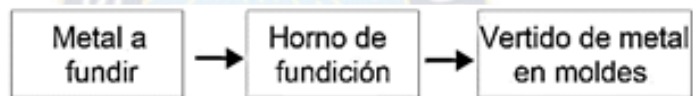


Figura 1. **Proceso de Fundición**

Fuente: **Elaboración Propia**

Los procesos de fundición se pueden clasificar según el tipo de molde que utilicen:

- Moldes permanentes
- Moldes desechables.

Los procesos de molde desechable implican que para sacar la pieza fundida se debe destruir el molde que la contiene, haciendo de este un proceso con velocidades de producción bajas. Gran parte del tiempo de fabricación se destina a realizar el molde y el tiempo de fundición es relativamente bajo en comparación con el de moldeo.

En los procesos de fundición en molde permanente, el molde está fabricado en un material duro como el metal o la cerámica que permite usarlo repetidas veces; el poder reutilizar el molde permite que el tiempo de producción sea más bajo que en los procesos de molde desechable.

La fundición se pueden clasificar también por el tipo de material con el que se trabaja, se clasifican en:

- Fundiciones Ferrosas
- Fundiciones no Ferrosas

## **2.2 Hornos de fundición de metales**

Se tiene diferentes tipos de hornos de fundición de metales, se clasifican en:

- Hornos de Cubilote
- Horno de Reverbero
- Horno Eléctrico
- Horno de Crisol

### **2.2.1 Horno de Cubilote**

El cubilote es un horno de cuba revestido con una capa de refractario donde se carga el metal y se calienta por combustión de coque, la cual se da en la parte más baja de la zona de fusión (la «solera»). El aire de combustión se genera mediante ventiladores y se introduce a la chimenea a través de una o varias filas (anillos) de toberas. Una válvula de control en el anillo permite controlar y distribuir uniformemente el flujo del aire de combustión por las toberas. El metal (lingotes, chatarra de acero, chatarra de hierro, retornos), el coque, elementos aleantes (ej. FeSi, SiC), escorificantes (SiO<sub>2</sub>) y los agentes fluidificadores (ej. CaCO<sub>3</sub>) se añaden al horno a través del tragante situado en la parte alta de la zona de fusión. Los gases de combustión fluyen hacia arriba con lo que ceden calor a la carga, antes de salir del horno.

Cuando la carga precalentada llega a la zona de combustión las partes metálicas se funden por las altas temperaturas y el coque cargado comienza a quemarse ante la presencia de oxígeno.

Las gotas de metal fundido pasan a través de la cama de coque y se van acumulando en el fondo del cubilote junto al agujero de sangrado, la cual se encuentra debajo de la

zona de combustión. Todas las impurezas quedan atrapadas en la escoria que está principalmente compuesta por  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{FeO}$ . Debido a que tiene una densidad menor la escoria flota en el caldo que se encuentra en la zona antes citada. Una vez que el caldo acumulado alcanza cierto nivel se abre el agujero de sangrado. El metal fluye de forma discontinua desde el agujero de sangrado a través de un canal o reguera recubierto de refractario hasta una cuchara o antecrisol.

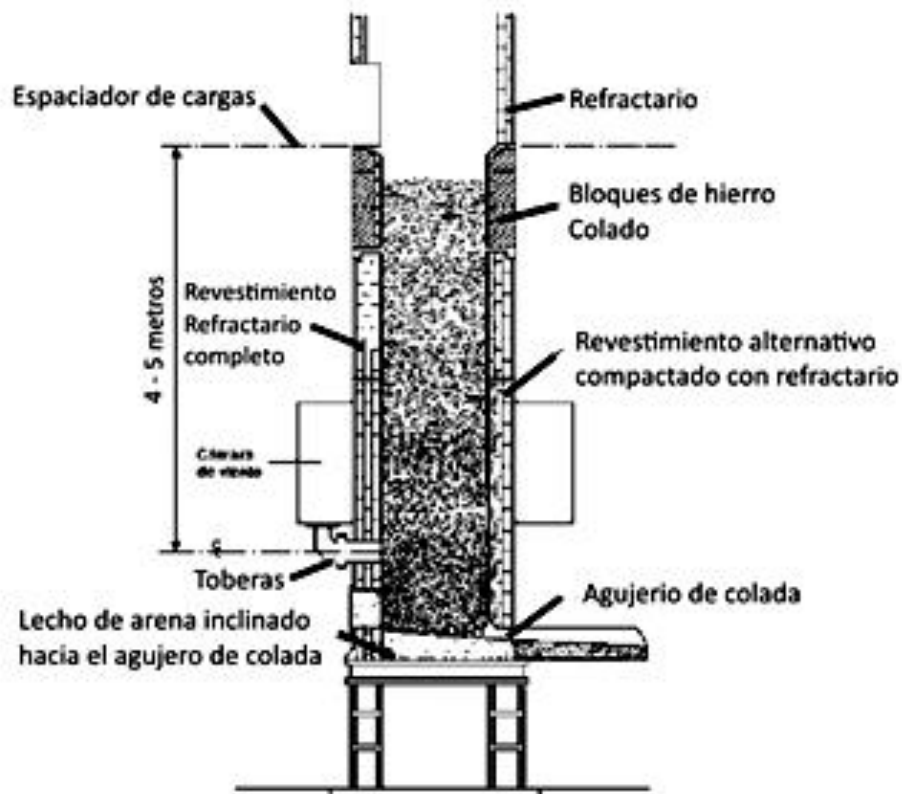


Figura 2.

Horno de Cubilote

Fuente: Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea Forja y Fundición, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009.

Como alternativa se puede también dirigir el caldo de forma continua a un horno de almacenamiento. En la figura 2 se ilustra un Horno de Cubilote, en el Horno la



escoria de menor densidad flota sobre el caldo y se vacía por separado mediante una presa y una boca de descarga situada al efecto a una mayor altura. Se recoge de forma discontinua en recipientes o de forma continua granulada en una corriente de agua o en una instalación especial para granulado seco.

### 2.2.2 Horno de Reverbero

Las características del horno reverbero son: crisol relativamente para poco fundido, de gran área y techo bajo y arqueado y las llamas lamen o reflejan sobre la carga el calor producido en la combustión como se ilustra en la figura 3. La eficacia térmica es pequeña, inferior al 20%, pero tiene las ventajas de mayor regulación que el de cuba y además, elimina algunas causas de contaminación. Este tipo de horno tiene un empleo limitado como horno de reducción, pero son extensas sus aplicaciones en el afino de los metales.

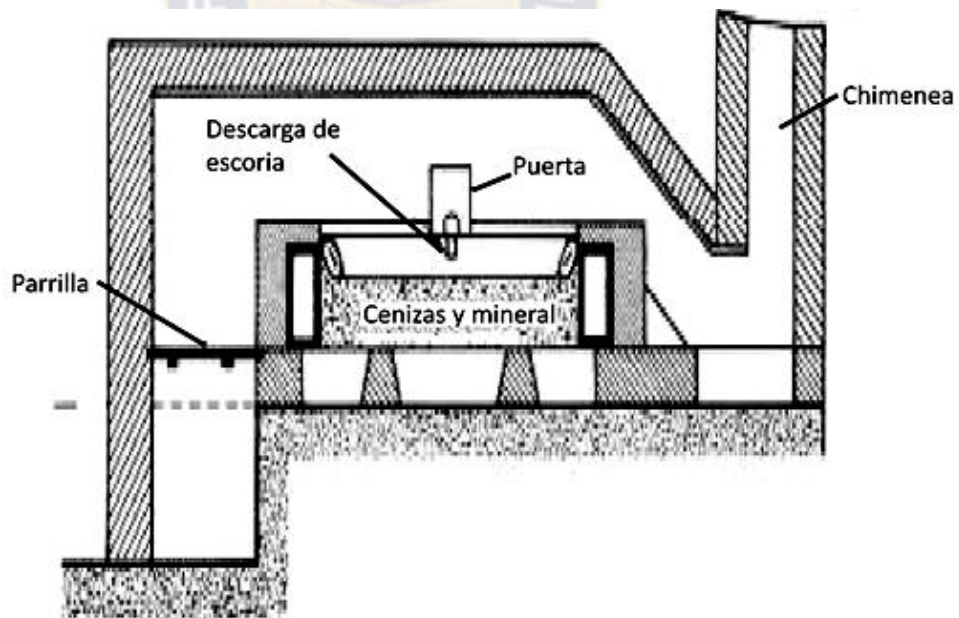


Figura 3. Horno de Bervedero

Fuente: Instituto de Investigación y Desarrollo de Educación Avanzada S.C., Procesos de Manufactura Metepec, 2006.

### 2.2.3 Horno Eléctrico

El horno eléctrico se carga con chatarra de acero bien seleccionada en lugar de arrabio fundido, aunque en un tiempo se usó metal fundido. Para control de carga de cierre y por adición de materiales aleados los lingotes de acero inoxidable, de acero resistente al calor de acero para herramientas y muchos aceros aleados para aplicaciones generales, son vaciados desde el horno eléctrico. En adicción al acero, el hierro gris de alto grado se produce extensamente por la razón de que este horno no contamina la atmosfera como muchos otros. Estos hornos pueden ser:

- Horno eléctrico de electrodos
- Horno de inducción

En la figura 4. Se ilustra un esquema en corte de un Horno de Fundición de inducción basculante, el cual es un horno de crisol que consta de una tapa, la bobina que crea el campo magnético para generar calor y calentar el crisol.

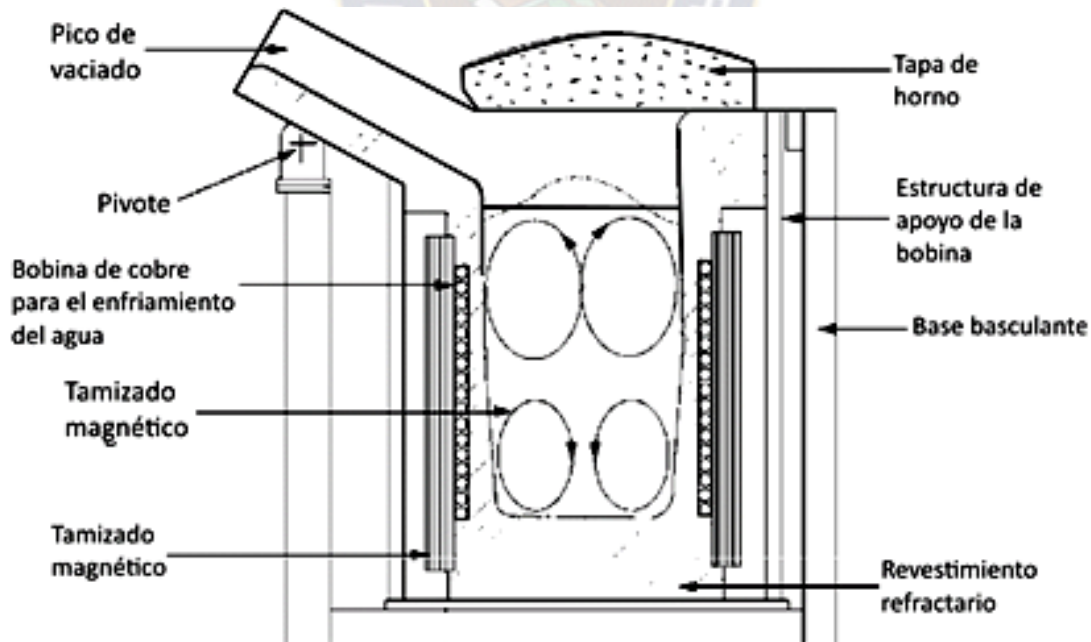


Figura 4. **Proceso de Fundición**

Fuente: Sañuela, B. Napoles, A. Tecnología Mecánica, 2000.



#### 2.2.4 Horno de Crisol

Se trata de sencillos crisoles calentados externamente por la combustión de gases (de gas o fuel), electricidad o, si las temperaturas son menores, gases calientes. Se evita el contacto directo con la llama para que no se creen puntos calientes en la base del crisol de forma que permita mantener un buen control de la temperatura de la colada y evitar la oxidación y la vaporización del metal.

Sólo se utilizan en la fusión de metales no féreos. A causa del calentamiento indirecto (a través de la pared del crisol) no se produce quemado ni absorción de gases. Los hornos de crisol se emplean para producir pequeñas cantidades de metal fundido (menos de 500 kg cada vez) y para producciones de baja capacidad. En la Figura 5 se muestran un horno de crisol de fosa, el cual tiene la entrada de combustible subterránea para calentar el crisol y que los gases de la combustión salgan por la parte superior, el crisol descansa sobre una base a medida como se esquematiza en la figura 5.

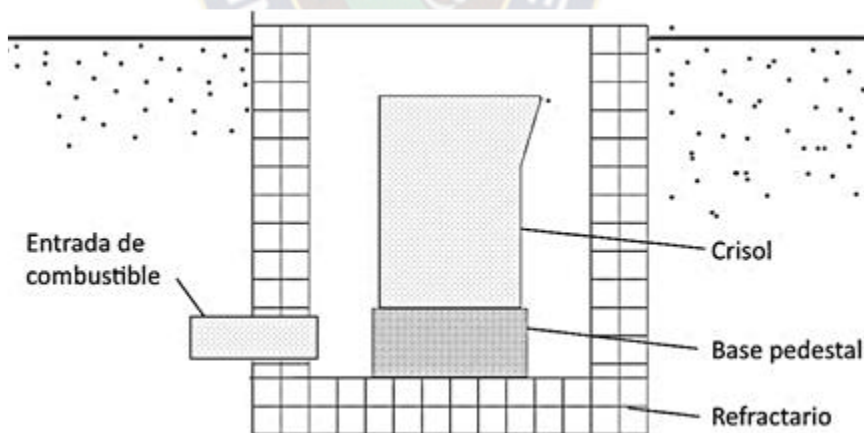


Figura 5. Horno de Crisol de fosa

Fuente: Elaboración propia

Una vez fundido el metal se extrae el crisol mediante un mecanismo de elevación como se ilustra en la figura 6.

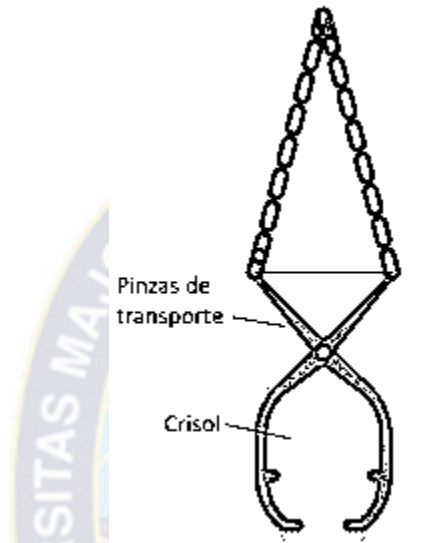


Figura 6. Pinzas para extracción del Crisol

Fuente: Sañuela r, Tecnología Mecánica, Catalunya, España, Ediciones UPC, 2000. P.

### 2.2.5 Horno de Crisol Basculante

El horno de crisol basculante es una opción bastante práctica, son hornos móviles apoyados sobre un sistema de sustentación el cual se inclina alrededor de un eje horizontal para efectuar la colada sin tener que extraer el crisol de la carcasa metálica, simplificando así el trabajo del operador, el metal es transferido a los moldes en una cuchara, con la excepción de casos especiales en el vaciado es directo. Comúnmente se les utiliza cuando es necesaria una producción relativamente grande de aleación. El cilindro metálico está recubierto en su interior por capas sucesivas del ladrillo refractario, el cual ayuda a controlar las pérdidas de calor al exterior, utiliza un crisol fijo que reposa sobre una base refractaria, el quemador se ubica de forma tal que no

vaya a influir sobre el comportamiento basculante del horno, que el fuego realice una trayectoria en espiral alrededor de toda la superficie exterior del crisol y que pueda mantener el calor durante la colada.

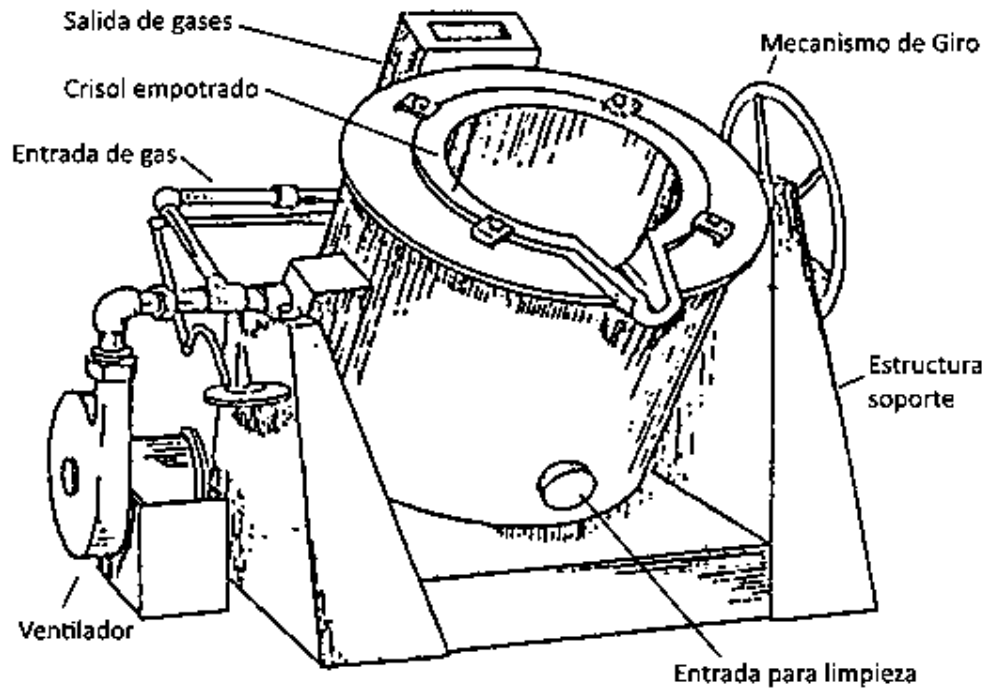


Figura 7. Horno de Crisol Basculante con gas como combustible

Fuente: Sañuela Tecnología Mecánica, 2000.

La desventaja de este horno es que el punto de descarga acompaña el movimiento basculante complicando dicho proceso, es de vital importancia realizarlo con la debida precaución para evitar posibles accidentes gracias a los humos y el metal líquido contenido dentro del crisol.

Las partes principales de un horno basculante a gas como combustible, con crisol empotrado, una estructura para soporte del horno, y un revestimiento metálico y el mecanismo de giro, tal como se presenta en la Figura 7.

En la figura 8, se ilustra el proceso de vertido de metal, en el cual un operador se encarga de inclinar el horno por medio de un mecanismo y otros dos operadores reciben el metal en un crisol para luego ser vertido en los moldes.



Figura 8. Vertido de metal fundido de un horno basculante

Fuente: [www.emisiones.es/hornos](http://www.emisiones.es/hornos)

### 2.3 Materiales Refractarios

Un material refractario es un material que se puede usar, sin degradarse, en piezas resistente que trabajen a alta temperatura. Existen materiales metálicos que comprenden desde los materiales austeníticos (AISI serie 300) hasta las aleaciones de Cobalto, modernamente cerámicos, empleados en la construcción de hornos y también en piezas de máquinas y motores térmicos.

Los materiales refractarios no metálicos no acostumbran a ser buenos aislantes, por lo que, cuando se usan es preciso completar la construcción con recubrimientos exteriores aislantes para alta temperatura, la conductividad de los refractarios exceptuando la magnesia y el carburo de silicio, aumenta al aumentar la temperatura. Otra particularidad de los materiales refractarios no metálicos es que, al ser porosos, su conductividad depende del gas en el interior del recinto que confinan. Este efecto no acostumbra a ser muy importante, por ser las conductividades de los gases, normalmente de combustión, parecidas a la del aire, pero si lo es si el contenido en hidrogeno del gas es elevado, pudiendo entonces multiplicarse la conductividad del refractario por 5 o más.

Dentro de los materiales refractarios usados tenemos:

- Ladrillos refractarios
- Cementos refractario

Los ladrillos refractarios deben apilarse y fijarse por medio de una mezcla de cemento y aglutinante para que estos estén fijos, además de usarse el cemento para formar un revoque interno.

**Las propiedades del cemento refractario se ilustran en la tabla.**

Tabla 1. Propiedades del concreto refractario

Concretos refractarios Silíceo - Aluminosos Marca		
COLORIT		
Propiedades Típicas	Unidad	Valor
Cp	KJ/ Kg K <sup>o</sup>	0.96
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	1.74 – 1.86
Cono Piro métrico Equivalente	° C	32
Máxima temperatura de servicio recomendada	° K	1523
Conductividad térmica a diferente temperatura		
Temperatura media 478 ° K	W / m ° K	0.94
Temperatura media 698 ° K	W / m ° K	0.95
Temperatura media 923 ° K	W / m ° K	0.96
Temperatura media 1143 °K	W / m ° K	0.98
Temperatura media 1368 °K	W / m ° K	1.01
Temperatura media 1588 °K	W / m ° K	1.02

Fuente: Colorit

Las propiedades del ladrillo refractario se los resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Propiedades del Ladrillo refractario

Ladrillos Refractarios Silícico - Aluminosos Marca Morgan		
Propiedades Típicas	Unidad	Valor
Cp	KJ/ Kg K <sup>o</sup>	1.05
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	480
Máxima temperatura de servicio recomendada	° K	1533
Conductividad térmica a diferente temperatura		
Temperatura media 1273 °K	W / m ° K	0.19
Temperatura media 1473 °K	W / m ° K	0.21
Temperatura media 1533 °K	W / m ° K	0.22

Fuente: [www.morgan.com](http://www.morgan.com)



## 2.4 Características de los combustibles

Se denomina combustible a toda sustancia que puede proporcionar energía calorífica apta para producir trabajo mecánico.

Según su estado se puede clasificar en tres grupos:

- Combustibles sólidos
- Combustibles líquidos
- Combustibles gaseosos

### Combustibles sólidos

Comprenden los de origen mineral o vegetal se tienen entonces el carbón coque y el carbón vegetal respectivamente.

### Combustibles líquidos

Son aquellos formados por el petróleo y sus derivados, como el Diésel.

### Combustibles gaseosos

Constituyen el grupo más importante, se pueden obtener del gas natural o derivado del petróleo el caso más común el G.L.P. (Gas Licuado de Petróleo).



Para el presente proyecto se tomara como combustible el gas natural por su bajo costo y accesibilidad en nuestro medio, las propiedades del gas natural se ilustran en la tabla 3 y 4.

Tabla 3. Propiedades Gas Natural

Propiedad	Especificación
Poder Calorífico Superior	36,14 MJ/m <sup>3</sup>
Densidad relativa al aire	0.69
Vapor de Agua	2% Volumen
Sulfuro de Hidrogeno	5mg/m <sup>3</sup>
Oxigeno	0,2 % Volumen

Fuente: [www.anh.gob.bo/Insidefiles/Documentos](http://www.anh.gob.bo/Insidefiles/Documentos)

Tabla 4. Composición de combustibles gaseosos

Composición Gas Natural Rico	
80-90% C <sub>1</sub> H <sub>4</sub> Metano	Gas Natural
4-10% C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> Etano	Seco
2-3% C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> Propano 0.5-2% C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> Butano	Gas Licuado de Petróleo (GLP)
<1% C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> Pentano	Gasolina
<1% C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> Hexano	Natural
<0.5% C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> + Heptano Plus	Condensados del gas

Fuente: <http://www1.yxfb.gob.bo>

## 2.5 Quemador

La adición de calor es necesaria para cambiar de estado al metal, el calor se añade al metal por diferentes formas según sea el método de fundición, en este trabajo se estudia el método de fundición en un crisol para lo cual se puede citar los siguientes principios de adición de calor:

- Por inducción
- Por combustión

La adición de calor por combustión implican el uso de un quemador, el quemador tiene la función de mezclar el combustible con aire para lograr combustionar los.

- Quemadores atmosféricos
- Quemadores mecánicos

Las principales partes de un quemador se ilustran en la figura

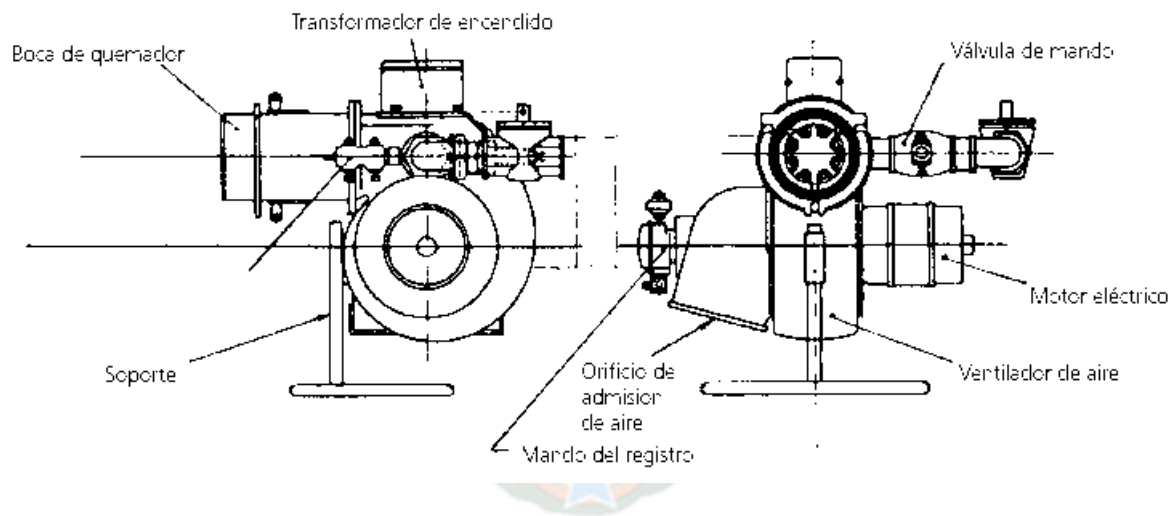


Figura 9. Descripción de Partes principales de Quemador a Gas

Fuente: [www.dedietrich.com](http://www.dedietrich.com)

### **2.5.1 Quemador Atmosférico**

Los quemadores atmosféricos se emplean, únicamente, para combustibles gaseosos. Una parte del aire necesario para la combustión (Aire Primario) se induce en el propio quemador por el chorro de gas salido de un inyector (efecto Venturi); el aire restante (Aire Secundario) se obtiene por difusión del aire ambiente alrededor de la llama.

En este tipo de quemadores se tienen combustiones con altos índices de exceso de aire. La principal ventaja de este sistema es su simplicidad y bajo coste. La energía de activación se logra mediante llama piloto, que debe estar permanentemente encendida, o con encendidos automáticos (electrónicos, tren de chispas, etc.). La regulación del gas se obtiene por variación de la presión en el inyector (abriendo y cerrando progresivamente la válvula de gas); esto permite que el quemador pueda ser modulante con relativa facilidad.

### **2.5.2 Quemadores mecánicos**

También se denominan como Quemadores a Sobrepresión; el aire de combustión es introducido mediante un ventilador, existen diversos sistemas para lograr la mezcla del aire con el combustible.

En el caso de gas el combustible se introduce mediante los inyectores aprovechando el propio gas, inyectores, la presión de suministro del gas es la presión de un nivel comercial, el cual asciende a 19mmbar, esta presión es suficiente según especificaciones de quemadores considerados para este proyecto.

En los combustibles líquidos se utilizan diversos sistemas para su pulverización, de modo que se creen microgotas de combustible que facilitan su mezcla con el aire. El tipo más extendido es el de pulverización mecánica, hoy en día estos quemadores son usados en lugares en los cuales no se tiene acceso a gas natural o trasladar este combustible tiene un costo elevado, es un área rural no se recomienda este tipo de quemador.

En la figura se ilustran las partes de un quemador mecánico a gas.

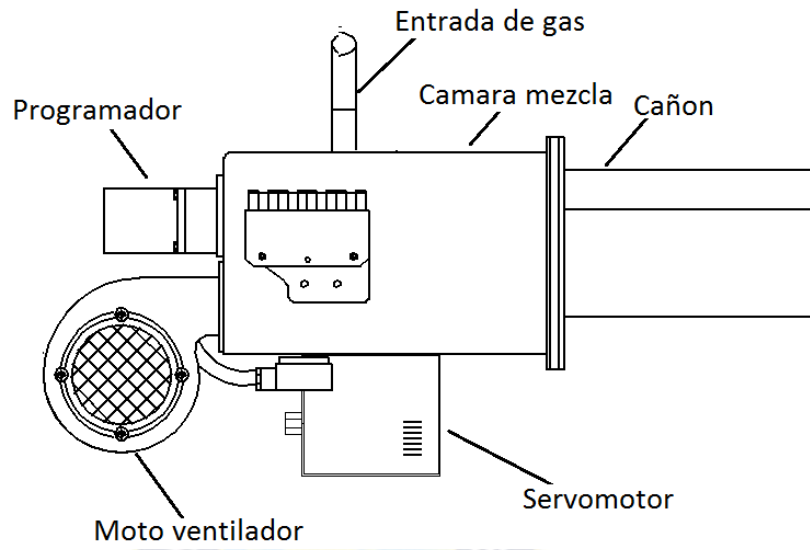


Figura 10. Descripción de Partes de Quemador a Gas

Fuente: [www.dedietrich.com](http://www.dedietrich.com)



### 2.5.3 Instalación de un Quemador

Al elegir el gas natural como combustible se debe tener una instalación adecuada para velar por la seguridad de los operadores y cumplir normativa vigente en Bolivia, en la figura 11 se ilustra la línea de instalación recomendada para la instalación de un quemador.

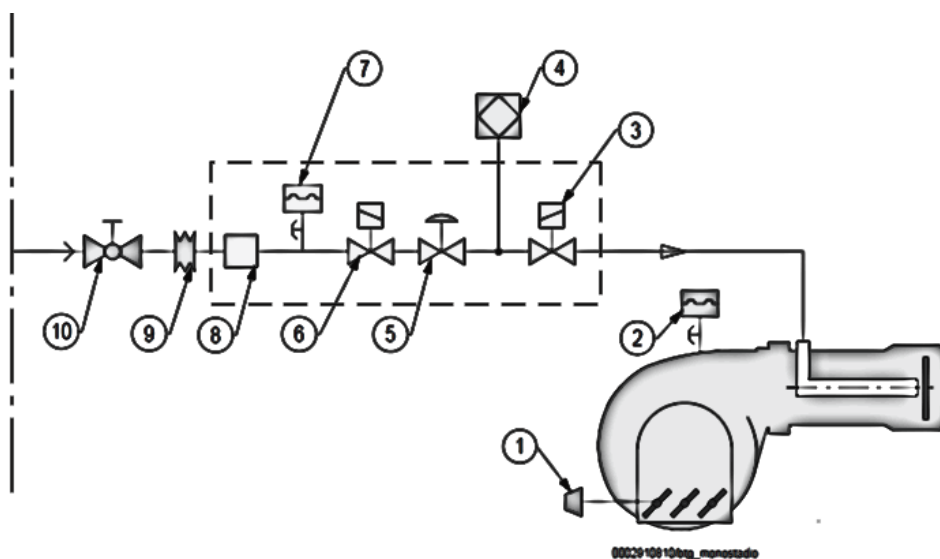


Figura 11. Línea de alimentación de gas hacia el quemador

Fuente: [www.baltur.it](http://www.baltur.it)

- 1) Selector manual para la regulación de aire
- 2) Presostato de presión
- 3) Válvula de trabajo
- 4) Control de estanqueidad de las válvulas a petición
- 5) Regulador de presión
- 6) Válvula de seguridad
- 7) Presostato de mínima
- 8) Filtro de gas
- 9) Manquito anti vibración
- 10) Llave de bola

**DISEÑO DE UN HORNO DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA  
SER-TEC**

---

**CAPITULO 3**  
**INGENIERIA DEL PROYECTO**



## CAPITULO 3. INGENIERIA DEL PROYECTO

### 3.1 Parámetros de Diseño

De acuerdo a las necesidades de la empresa SERTEC se definen los parámetros de diseño:

- Horno de fundición para Aluminio
- Temperatura en el hogar del horno 1100°C
- Capacidad 50 Kg de Cobre

### 3.2 Sistemas del Horno Basculante

Se divide la maquina en tres sistemas para facilitar su estudio, estos sistemas son:

- Sistema Olla
- Sistema de calentamiento
- Estructura basculante

#### **Sistema Olla.**

Este sistema está formado por los elementos que contienen el material a fundido y los elementos necesarios para aprovechar el calor generado por el sistema de calentamiento.

- Cámara
- Tapa
- Olla
- Crisol

### **Sistema de Calentamiento.**

El sistema de calentamiento es el sistema que genera el calor necesario para fundir, las partes son:

- Quemador
- Acople
- Alimentación de energía

### **Sistema de Estructura basculante**

Este sistema es la estructura necesaria para sostener al sistema de la olla y el sistema de calentamiento, además de tener un mecanismo para lograr que oscile la olla para verterse el metal fundido.





### 3.3 Cálculos

#### 3.3.1 Cálculo y selección de elementos del sistema Olla

##### 3.3.1.1 Cálculo y Selección del Crisol

De acuerdo a los datos solicitados por SER-TEC los cuales se presentan en

Los crisoles se seleccionan de acuerdo al metal a fundir para que no reaccione con este y la masa con la cual se trabajara se elige un crisol para 52.5 Kg de cobre, cuyas dimensiones y volumen se extraen del Fabricante SALAMANDER GF del Anexo 7.

Se selecciona un crisol de grafito y carbono recomendado para fundir aleaciones de aluminio y bronce, minimizando la reacción del metal fundido y el material del crisol.

Tabla 5. Dimensión del crisol

FORMATO A	BOD DIAMETRO MAYOR (m)	TOD DIAMETRO MENOR (m)	HT ALTURA (m)	BRONCE (Kg)	ALUMINIO (Kg)	VOLUMEN (Litros)
AGF40	0.175	0.26	0,32	52.5	17	7

Fuente: [www.morgamms.com](http://www.morgamms.com)

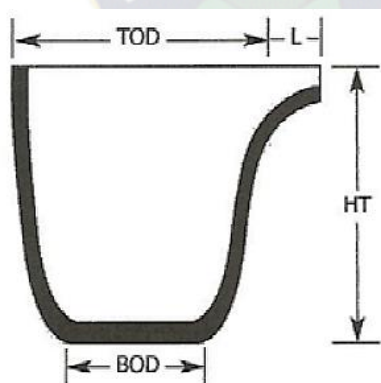


Figura 12. Dimensiones del Crisol

Fuente: Fuente: [ww.morgamms.com](http://ww.morgamms.com)

### 3.3.1.2 Dimensiones de la Cámara

La cámara debe alojar al crisol, debe existir un espacio suficiente para que se expanda y los gases de combustión circulen mientras alcanza la temperatura trabajo<sup>9</sup>.

$$D_i = D_c + 2(ec) \quad (1)$$

Donde:

$D_i$  = Diámetro interno del refractario

$D_c$  = Diámetro del crisol 30cm

$E_c$  = Espacio de combustión 6cm

La base para un mayor aprovechamiento debe situarse en un pedestal de refractario para que el calentamiento sea eficiente lo recomendado por el fabricante es de 100mm<sup>10</sup>. (morgan)

### 3.3.1.3 Dimensiones de la Olla

El diámetro exterior será igual al diámetro de la cámara más el espesor del refractario

$$D_e = D_i + e \quad (2)$$

Donde:

$D_e$  = Diámetro exterior

$D_i$  = Diámetro interior cámara

$e$  = Espesor de refractario

---

<sup>9</sup> [www.fycomex.com/assets/crisoles](http://www.fycomex.com/assets/crisoles)

Las partes constructivas del sistema olla se ilustran en la figura 13.

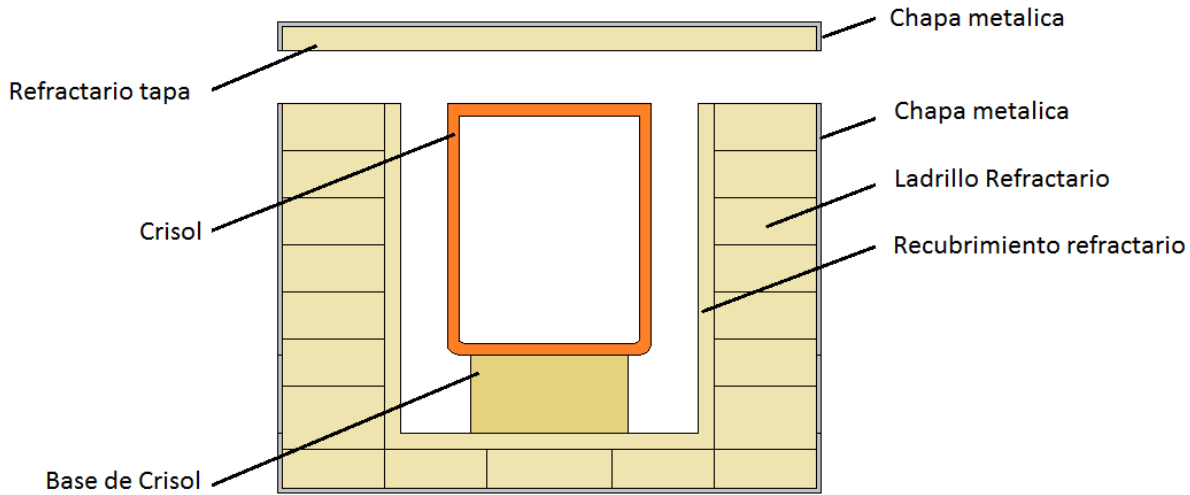


Fig. 13. Partes constructivas del sistema olla

Fuente: Elaboración propia

En la figura se ilustra las dimensiones de acuerdo a la funcionalidad seguridad sugeridas por Morgan

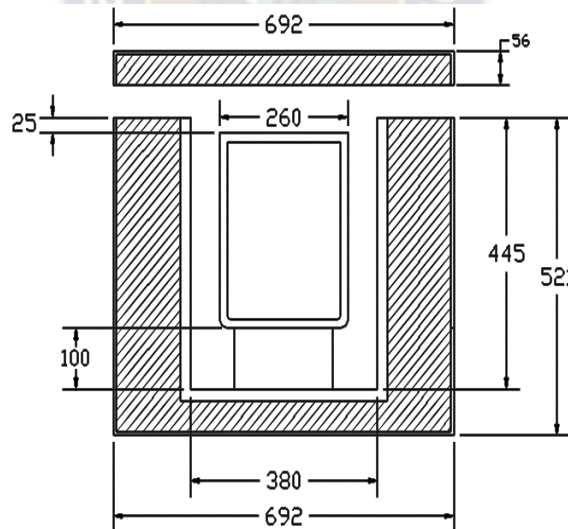


Fig. 14. Dimensiones de olla y tapa de horno basculante

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2 Cálculo y selección de elementos del sistema de Calentamiento

Para lograr fundir un metal se necesita una temperatura alta, existe durante el calentamiento pérdida de calor por paredes, gases de combustión.

### 3.3.3 Cálculo de los Coeficientes de Transmitancia Global

La resistencia al flujo de calor de una pared es la suma de las resistencias de los materiales que componen dicha pared.

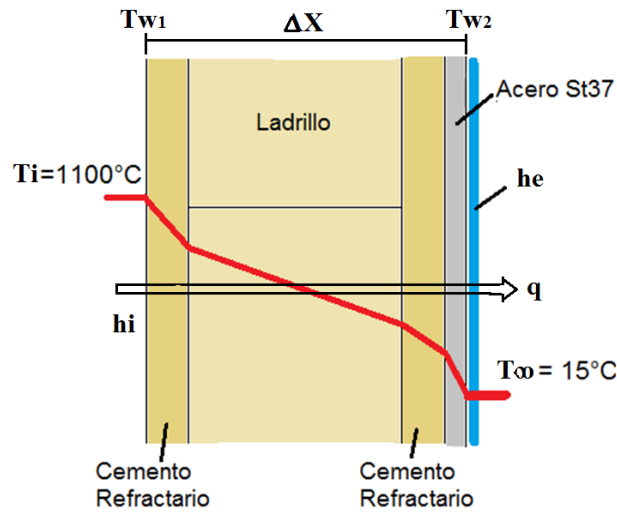


Fig. 15. Flujo de Calor por paredes

Fuente: Elaboración propia

Asumiendo un valor para la temperatura de pared exterior:

$$T_{we}=40^{\circ}\text{C} , T = 15^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 25^{\circ}\text{C}$$

Para  $T_f$  se tiene por tablas de aire:

$$Pr = 0.7241$$

$$\mu = 1.941 \times 10^{-5} \text{ Kg/m s}$$

$$k = 0.0269 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

La densidad del aire a la altura de la ciudad de La Paz:

$$\rho = \frac{P}{R T_{abs}} \quad (3)$$

$$P = 65978 \text{ N/m}^2$$

$$R = 287.14 \text{ N.m/Kg.}^{\circ}\text{K}$$

$$\rho = 0.783 \text{ Kg/m}^3$$

Calculamos los números adimensionales de Grashof y Nusselt para encontrar el coeficiente convectivo:

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot \rho (T_w - T) L_c^3}{\mu^2} \quad (4)$$

$$Gr = 8.79 \times 10^7$$

$$Nu = \frac{h \cdot L_c}{k} = 0.68 Pr^{1/2} \frac{Gr^{1/4}}{(0.952 + Pr)^{1/4}} \quad \text{Para } 10 < Gr \cdot Pr < 10^8$$

$$Nu = \frac{h \cdot L_c}{k} = 0.13 (Gr \cdot Pr)^{1/2} \quad \text{Para } Gr \cdot Pr > 10^8$$

$$Nu = 45.43$$

Con el número Nu se calcula  $h_e$ .

$$h_e = 2.76 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

La Resistencia térmica:

$$R_w = \frac{\ln(D_e/D_i)}{2\pi \cdot k \cdot L} \quad \text{y} \quad R_c = \frac{1}{h_e \pi \cdot D_e} \quad (5)$$

$$R_w = 165.4 \text{ °C/W} \quad R_c = 0.23 \text{ °C/W} \quad \Sigma R = 165.63 \text{ °C/W}$$

Corrección de la temperatura de pared  $T_{w2}$ .

$$T_{w2} = 16.5 \text{ °C}$$

Para determinar la Resistencia térmica de las Paredes del horno:

$$R = \frac{1}{h_e} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{h_i} \quad (6)$$

En donde se asume que el  $h_i$  es un valor grande por los gases de combustión a una temperatura alta, por lo que no sumara significativamente a la Resistencia térmica:

$$\frac{1}{h_i} \approx 0$$

### 3.3.2.1 Calor Necesario para fundir cobre.

Partiendo de la ecuación del calor sensible:

$$Q_s = m \cdot C_p \cdot (T_f - T_i) \quad (7)$$

Y la ecuación de calor latente para cambio de fase:

$$Q_L = m L \quad (8)$$

Donde:

$m$  = masa

$C_p$  = Calor específico

$T_e$  = Temperatura ambiente

$T_i$  = Temperatura de la cámara

$L$  = Calor de fusión

$$C_p = 0.092 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}^{13}$$

$$L = 49.3 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

Reemplazando en la ecuación de calor sensible:

$$Q_s = 50 \text{ Kg} \cdot 0.092 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (1080 - 16)^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 4895 \frac{\text{Kcal}}{h}$$

Reemplazando en la ecuación de calor latente para obtener el calor necesario para el cambio de fase del metal a líquido:

$$Q_L = 50 \text{ Kg} \cdot 49.3 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$Q_L = 2465 \frac{\text{Kcal}}{h}$$

El calor para sobrecalentar el metal fundido:

$$Q_R = m \cdot C_p \cdot (T_r - T_f)$$

$$Q_R = 50 \text{ Kg} \cdot 0.092 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (1150 - 1080)^\circ\text{C}$$

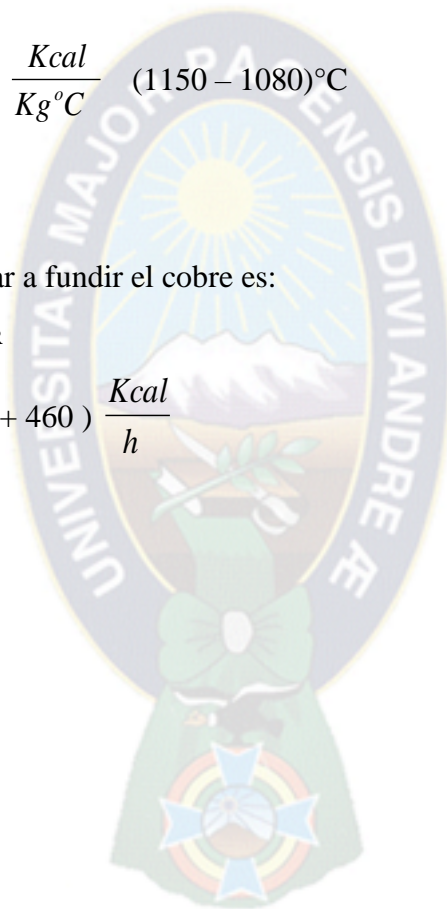
$$Q_R = 460 \frac{\text{Kcal}}{h}$$

El calor necesario para llegar a fundir el cobre es:

$$Q_F = Q_S + Q_L + Q_R$$

$$Q_F = (4895 + 2465 + 460) \frac{\text{Kcal}}{h}$$

$$Q_F = 7820 \frac{\text{Kcal}}{h}$$



### 3.3.2.3 Pérdida de Carga por Paredes

#### 3.3.2.3.1 Pérdida de Carga por Paredes del cilindro del Horno

Para flujo estacionario radial:

$$Q_P = \frac{2\pi KL(T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right)} \quad (9)$$

Donde:

$Q_P$  = Flujo de calor necesario para fundir el metal

$K$  = Coeficiente de conductividad térmica de grafito

$L$  = Longitud del crisol

$T_1$  = Temperatura de la cámara

$r_1$  = Radio interno de cámara

$T_2$  = Temperatura exterior de la olla

$r_0$  = Radio exterior de la olla

Las variables en el horno para el análisis son:

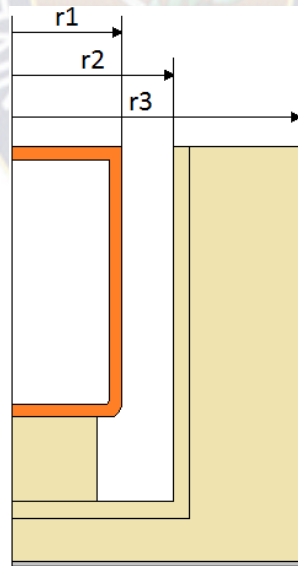


Fig. 16. Dimensiones de olla y crisol

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo se tiene que:

$$T_1 = 1100 \text{ } ^\circ\text{C}$$



La resistencia térmica de las paredes planas y cilíndricas del horno:

$$R = \frac{1}{2\pi r_1 L h_i} + \frac{Ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi \cdot K \cdot L} + \frac{1}{2\pi r_2 L h_e} \quad (10)$$

$$R = \frac{1}{h_e} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{h_i}$$

El flujo de calor hacia las paredes planas del horno por conducción y convección:

$$Q = \frac{(T_i - T_\infty)}{R},$$

$$Q = hA \cdot \frac{(T_i - T_\infty)}{L}$$

K = Coeficiente de conductividad térmica del ladrillo refractario 1.07 W/m°C

K<sub>refractario</sub> = Coeficiente de conductividad térmica del cemento refractario 1.07 W/m°C

K<sub>ladrillo</sub> = Coeficiente de conductividad térmica del ladrillo refractario 0.03 W/m°C

K<sub>acero</sub> = Coeficiente de conductividad térmica del acero 55 W/m°C

L = Longitud de la olla de acero 0.445m

La resistencia térmica de calor para la olla de acero:

$$R_{kA} = \frac{Ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{2\pi \cdot K \cdot L} \quad (11)$$

Reemplazando datos para el Revestimiento interno con cemento refractario se tiene:

$$R_{refractario} = 3.25 \times 10^{-2} \text{ m } ^\circ\text{C/W}$$

Reemplazando datos para la pared de ladrillo refractario se tiene:

$$R_{ladrillo} = 5.21 \text{ m } ^\circ\text{C/W}$$

Reemplazando datos para la chapa de acero se tiene:

$$R_{\text{acero}} = 5.97 \times 10^{-5} \text{ m } ^\circ\text{C}/\text{W}$$

La resistencia de transferencia de calor para el aire por convección que rodea al cilindro:

$$R_h = \frac{1}{h_\infty 2\pi r_4 L} \quad (12)$$

$h_\infty$  = coeficiente de convección para gases 22 w/m<sup>2</sup> °C

Reemplazando:

$$R_h = 5.42 \text{ m } ^\circ\text{C}/\text{W}$$

La pérdida de calor por conducción por paredes:

$$Q_{\text{par}} = 2\pi L \frac{\Delta T}{R} \quad (13)$$
$$Q_p = 2\pi \cdot 0.445 \frac{(1100 - 60)}{(0.0325 + 5.21 + 0.00006)}$$
$$Q_{\text{pconduccion}} = 448 \text{ W} = 384.5 \text{ Kcal/h}$$

La pérdida de calor por convección por paredes:

$$Q_{\text{pconvección}} = 7.38 \text{ W} = 6.35 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{\text{Tcilindro}} = Q_{\text{pconduccion}} + Q_{\text{pconvección}}$$

$$Q_{\text{Tcilindro}} = 391.8 \text{ Kcal/h}$$

El resumen de las pérdidas de calor por paredes se ilustra en las Tablas 6 y 7.

Tabla 6. Pérdida de Calor por Tapa del Horno

Componentes	$\epsilon_{\text{refractario}}$ (m)	$\epsilon_{\text{acero}}$ (m)	A (m <sup>2</sup> )	$Q_{\text{TAPAconducción}}$ (Kcal/h)	$Q_{\text{TAPAconvección}}$ (Kcal/h)	$Q_{\text{Tapa}}$ (Kcal/h)
Tapa	0.05	0.003	0.362	1246	35	1282

Fuente: Elaboración propia

El flujo de calor por la base del horno se ilustra en la tabla 3.

Tabla 7. Pérdida de Calor por la Base del Horno

Componentes	$\epsilon_{\text{refractario}}$ (m)	$\epsilon_{\text{acero}}$ (m)	A (m <sup>2</sup> )	$Q_{\text{tapaconducción}}$ (Kcal/h)	$Q_{\text{tapaconvección}}$ (Kcal/h)	$Q_{\text{Tbase}}$ (Kcal/h)
Base	0.05	0.003	0,369	1270	34	1304

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2.3.3 Pérdida del Calor Total en el Horno

La pérdida total de calor de la olla del horno se calcula mediante la suma de las pérdidas por paredes del horno.

$$Q_p = Q_{\text{Tcilindro}} + Q_{\text{Ttapa}} + Q_{\text{Tbase}}$$

$$Q_p = (392 + 1282 + 1304) \text{ Kcal/h}$$

$$Q_p = 2978 \text{ Kcal/h}$$

### 3.3.2.3 Selección del Quemador

La potencia del quemador debe ser viene dada por la ecuación:

$$P_{\text{quemador}} = \frac{Q_{\text{TOTALper}} + Q_{\text{fusion}}}{\eta} \quad (14)$$

$$P_{\text{quemador}} = 10\,797 \text{ Kcal/h} = 12,6 \text{ kw}$$

Para determinar el caudal másico del quemado:

$$m_{\text{min}} = \frac{Q_{\text{QUEMADOR}}}{\eta \text{HVI}} \quad (15)$$

Con un poder calorífico alto del gas natural de:

$$\text{HVI} = 11940 \text{ Kcal/Kg}$$

El caudal másico es:

$$m_{\text{min}} = 0.904 \text{ kg/h}$$

Se determina el flujo volumétrico de gas natural

$$V = \frac{Q_{\text{TOTALper}} + Q_{\text{fusion}}}{\eta} \quad (16)$$

Con la densidad del gas natural de  $0.777 \text{ Kg/m}^3$

$$V = 0.904 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \frac{\text{m}^3}{0.777 \text{kg}}$$

$$V = 1.16 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

La manera en que se realiza el montaje del quemador a la entrada a la olla se ilustra en la figura 16.

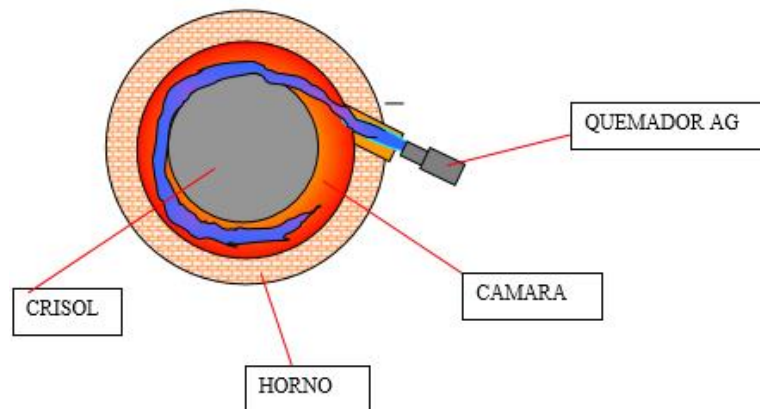


Fig. 17. Montaje de quemador

Fuente: Elaboración propia

Del catálogo de quemadores STI se selecciona el modelo de quemador según la potencia calculada.

1 LLAMA	kcal/h		kW		
	min	max	min	max	
GAS X 0	10.000	29.500	11,6	34,3	1F
GAS X 1	20.000	50.000	23,2	58,1	
GAS X 2	35.000	80.000	40,7	93	
GAS X 3 *	60.000	150.000	69,8	174	
GAS X 4 *	100.000	200.000	116	232	
GAS X 5	130.000	300.000	151	349	

Fig. 18. Tabla de Modelos de quemadores

Fuente: [www.sti-gas.com](http://www.sti-gas.com) /FBR

La descripción técnica del modelo de catálogo seleccionado se ilustra en el extracto del catálogo de quemadores STI.

MODELO	* Recomendada																							
	A	B	C	D	E	F	G	H	L min	L*	Lmax	M	Nmin	N*	Nmax	P	S	TC	TL	R1	R2	R3	R4	RD
GAS X0 CE - D1/2"-S	15	140	140	90	43	265	169	72	130	150	170	M8	100	110	130	150	150	90	150	132	200	254	240	1/2"
GAS X1 CE - D1/2"-S	15	162	175	90	43	305	210	65	130	150	170	M8	100	110	130	150	150	90	150	132	200	254	240	1/2"
GAS X2 CE - D3/4"-S	15	162	175	90	43	305	210	65	130	150	170	M8	100	110	130	150	150	90	150	138	220	262	328	3/4"
GAS X3 CE - D1"-S	16	185	195	108	54	340	248	70	150	170	170	M8	120	130	140	200	160	130	250	168	280	337	361	1"
GAS X4 CE - D1"-S	20	185	195	125	78	368	248	70	170	205	226	M10	130	140	160	200	200	160	280	173	280	337	385	1"
GAS X5 CE - D1"-S	18	207	213	138	98	462	310	90	205	205	226	M10	150	150	180	200	200	250	335	160	305	362	403	1"
GAS X5 CE - CT-D1"-S	18	207	213	138	98	462	310	90	205	205	226	M10	150	150	180	200	200	250	335	160	305	480	403	1"
GAS X5 CE - D1"1/4-S	18	207	213	138	98	462	310	90	205	205	226	M10	150	150	180	200	200	250	335	160	305	362	450	1"1/4
GAS X5 CE - CT-D1"1/4-S	18	207	213	138	98	462	310	90	205	205	226	M10	150	150	180	200	200	250	335	160	305	480	450	1"1/4

Fig. 19. Dimensiones de Modelos de quemadores

Fuente: [www.sti-gas.com](http://www.sti-gas.com) /FBR

El quemador seleccionado tiene las características:

Potencia quemador: 11,6 – 34,3 KW (modulable)

Caudal aire: 100 Nm<sup>3</sup>/min

Presión gas : 20mbar

Potencia motor: 373 Watt

Tensión Motor: 220Vac

Diámetro de Canon: 1"

### 3.3.3 Cálculo y selección de elementos del sistema Estructura Basculante

#### 3.3.3.1 Calculo del centro de gravedad

El centro de gravedad es importante conocerlo para que con un mínimo de fuerza se pueda realizar la operación de volteo de la olla.

Considerando toda la protección exterior de acero ASTM 36, cuya densidad es:

Densidad del acero de  $7840 \text{ Kg/m}^3$

Tabla 4. Centro de masa de material de la Olla

N°	DESCRIPCION	$\bar{y}$ (m)	V (m <sup>3</sup> )	P (Kg/m <sup>3</sup> )	M (Kg)
1	Refractario	0.261	0.255	840	214
2	Refractario	0.548	0.020	840	17
3	Refractario	0.075	0.003	840	2.6
4	Refractario	0.013	0.003	840	2.4
5	Acero ASTM 36	0.288	0.0037	7840	29.3
6	Cobre	0.306		8940	50

Fuente: Elaboración propia

El volumen del cilindro metálico es:

$$V = 0.00373\text{m}^3$$

Con lo que el peso de la olla es de:

$$W_{FE} = 3087 \text{ N}$$

Para determinar el centro de gravedad, dato importante para el diseño del sistema basculante, en la tabla se ilustra los centros de gravedad de acuerdo al centro de gravedad y masa individual.

La ecuación para determinar centro de gravedad:

$$\bar{Y} = \frac{y_1 m_1 + y_2 m_2 + y_3 m_3 + y_4 m_4 + y_5 m_5 + y_6 m_6}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6} \quad (17)$$

$$\bar{Y} = 0.2915 \text{ m}$$

El punto de soporte tendrá que ser mayor: 0.34m

El peso total de la olla es de 315kg = 3090 N

Las masas y centro de gravedad de acuerdo a la tabla 4 se ilustran en la figura 19 a continuación:

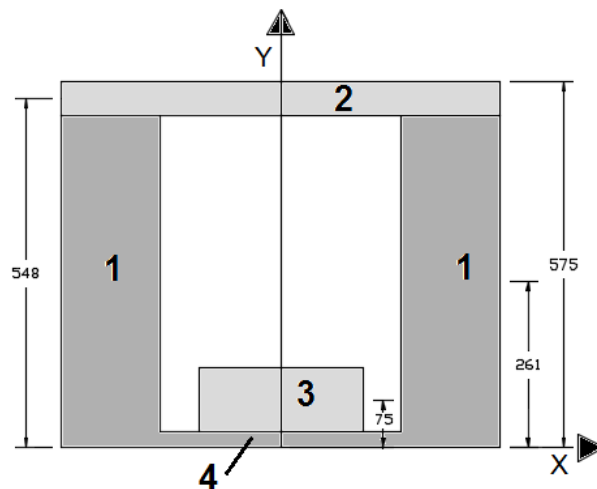


Fig. 20. Dimensiones de masas del horno

Fuente: Elaboración propia



El diseño de la estructura soporte es:

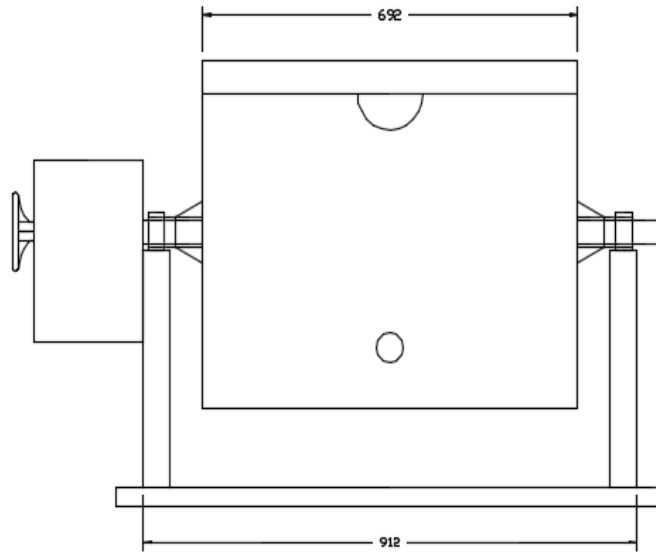


Fig.21. Dimensiones de olla y crisol

Fuente: Elaboración propia

Una vista lateral del diseño

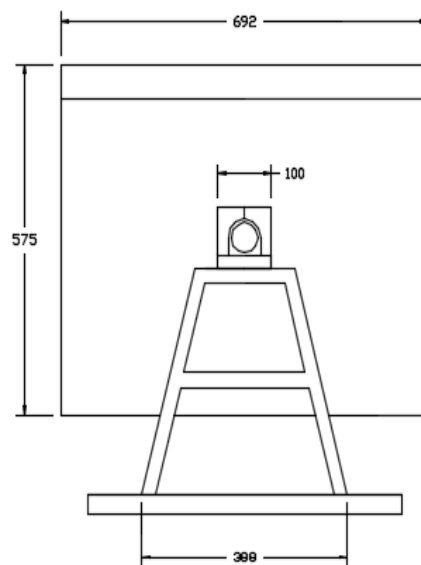


Fig.22. Dimensiones de estructura y horno

Fuente: Elaboración propia

Más detalles del diseño se ilustran en el Anexo Planos, donde se describen las piezas que componen el horno y un despiece en conjunto.

### 3.3.3.2 Calculo de la estructura soporte.

Modelando las patas que soportan el peso de la olla como un pórtico:

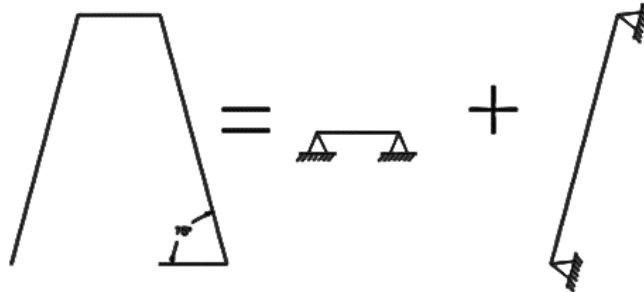


Fig.23. Modelado de las patas de la estructura

Fuente: Elaboración propia

Para simplificar el estudio dividimos en elementos al pórtico que modela las patas que soportan a la olla.

Este modelo tiene planteado se estudiara la viga simplemente apoyada

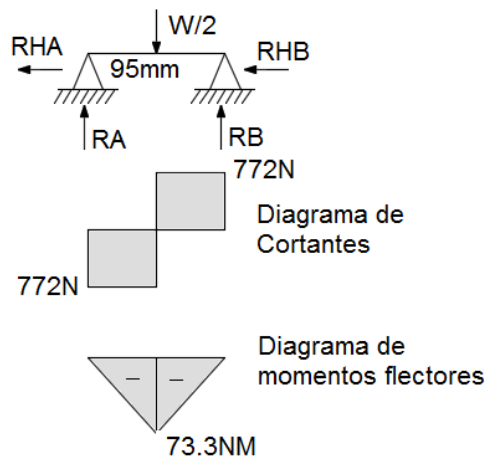


Fig.24. Modelado de las patas de la estructura

Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo en la fibra más alejada del tubo rectangular seleccionado para la viga.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{S} \quad (18)$$

Dónde:

$\sigma$ = Esfuerzo

M= Momento Flector

c= distancia de fibra extrema a Eje Neutro

I= Momento de Inercia

S = Momento de Inercia Estático

Para el acero AISI 1020 las características del acero son:

$$\sigma_{ADM} = 0.72F_y$$

$$F_y = 3.515 \text{ kg/cm}^2 = 355 \text{ MPa}$$

Con lo cual se tiene:

$$355 \text{ MPa} \geq \sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{S}$$

Con lo que despejando el momento estático:

$$S \geq \frac{M}{355 \text{ MPa}}$$

El momento estático máximo que se presenta en la viga es:

$$S = 0.29 \text{ cm}^3$$

El momento estático tiene un valor bajo, por lo que el tubo estructural seleccionado tiene valores en demasía para soportar las solicitaciones que se presentan en la estructura:

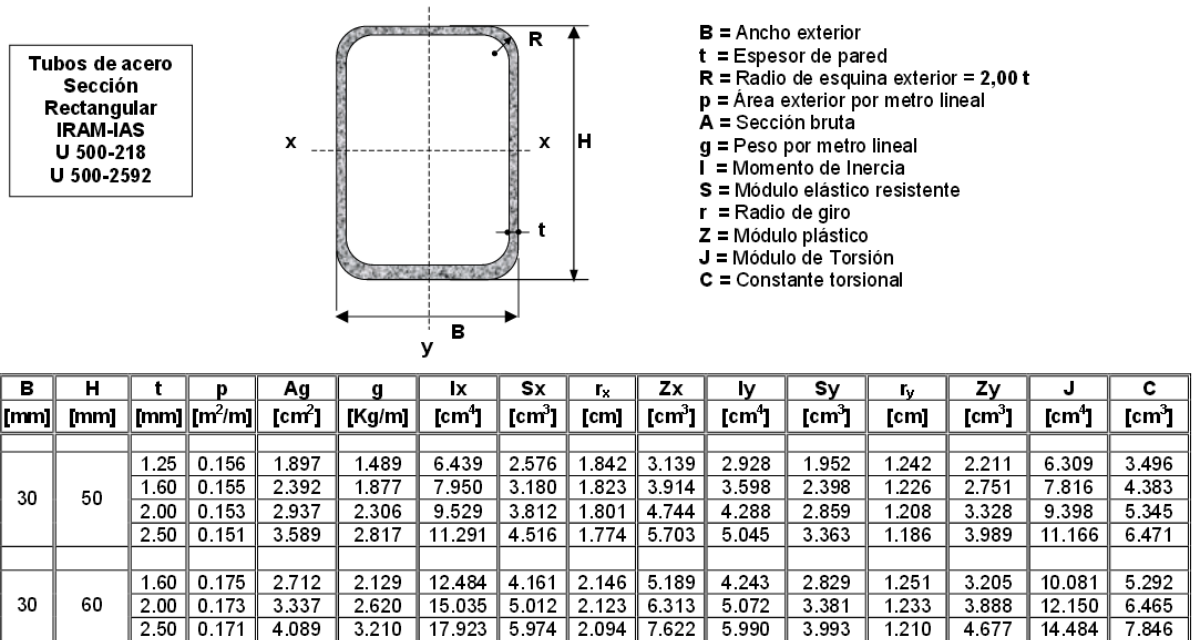


Fig. 25 Extracto de catálogo de aceros

Fuente: [www.inti.com](http://www.inti.com) (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)

### 3.3.3.3 Diseño de la Transmisión

#### 3.3.3.2.1 Diseño de Engranajes

Para el diseño de los ejes seleccionamos el tipo de material ACERO AISI 1020CD

Esfuerzo ultimo  $S_y = 390\text{MPa}$

Factor de seguridad  $N_s = 3$  (Anexo 8)

Valores seleccionados para el engranaje conductor:

Angulo de presión	Numero de dientes mínimo	Paso diametral
20°	18	4

La transmisión reductora a la mitad de la velocidad:

$$r = 0.5$$

$$r = \frac{z_1}{z_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

Con lo cual se tiene los datos de la transmisión:

$$Z_1 = 18 \text{ dientes}$$

$$Z_2 = 36 \text{ dientes}$$

De la ecuación del paso diametral:

$$Pd = \frac{z_1}{d_1} \quad (19)$$

De donde los diámetros de las ruedas son:

$$d_1 = 4,5 \text{ pulg.} = 0.114\text{m}$$

$$d_2 = 9 \text{ pulg.} = 0.229 \text{ m}$$

El modelo del sistema de volteo se ilustra en la figura 25:

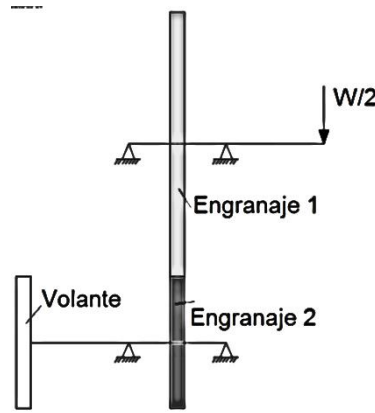


Fig. 26. Extracto de catálogo de aceros

Fuente: [www.inti.com](http://www.inti.com) (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)

En el cual las variables indicadas son:

$W/2$  = la mitad del peso de la olla

$W_v$  = Peso del volante

$W_1$  = peso de engranaje 1

$W_2$  = peso del engranaje 2

Para facilitar el maquinado se asume un espesor de 1 pulg. para los dos engranajes.

### 3.3.3.2.2 Diseño de Ejes de transmisión

Para el diseño de los ejes de transmisión se realiza la evaluación del torque que deben soportar, y como se indicó en la figura se tiene un punto de apoyo que está por arriba del centro de masa, adecuando la ecuación de inercia de un cilindro hueco para hallar el torque necesario para realizar el volteo, además de evaluar por separado el torque en oposición que representa los 50 de la carga a fundir, también la base del crisol (Fig. 46).

$$I = \frac{M}{2} (r_{ext}^2 - r_{int}^2) + \frac{ML^2}{12}$$

El momento de inercia de la olla considerándolo un cilindro:

$$I = 44.44 \text{ Kg m}^2$$

Considerando que cuando está en reposo la olla el cilindro está en posición vertical y para realizar el volteo existe una aceleración para luego llegar a una velocidad constante. Por cinemática:

$$\omega_f - \omega_0 = 2\alpha \Theta$$

Dónde:

$\omega_f$  = Velocidad angular final

$\omega_0$  = Velocidad angular inicial (igual a cero)

$\Theta$  = Desplazamiento angular

$\alpha$  = aceleración angular

Los valores adoptados son:

$$\omega_f = 0.087 \text{ rad/seg}$$

$$\omega_0 = 0$$

$$\Theta = 5^\circ$$

Reemplazando en la ecuación cinemática:

$$\alpha = 0,0435 \text{ rad/s}^2$$

El torque por la inercia de la olla es:

$$T_i = I \alpha$$

Dónde:

I = Inercia

T = Torque

Calculando el torque:

$$T_i = 3,96 \text{ N.m}$$

Considerando el par producido por la tapa y la base del crisol

$$T = Fd$$

La suma total del momento torsor:

$$T_{\text{tapa}} = (176.4 \cdot 0,265) - (25,5 \cdot 0,207) = 29.6 \text{ N.m}$$

$$T = 3,96 \text{ N.m} + 29.6 \text{ N.m} = 33,6 \text{ N.m}$$

La fuerza producida por el torque viene dada por la ecuación:

$$T = \frac{F \cdot d_p}{2} \quad (20)$$

Donde

F = Fuerza del torque

$d_p$  = diámetro primitivo

La fuerza es:

$$F = \frac{2 T}{d_p}$$

$$F = 293 \text{ N}$$

Descomponiendo la fuerza externa en sus componentes radial y tangencial:

$$F_r = F \cdot \tan \varphi$$

$$F_t = \frac{F}{\cos \varphi}$$

Las fuerzas con:

$$F_t = 312 \text{ N}$$

$$F_r = 107 \text{ N}$$

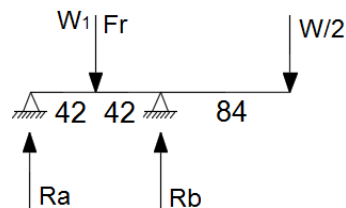


Fig. 27. Cargas que actúan sobre el eje 1

Fuente: Elaboración propia



Realizando los diagramas de esfuerzos cortantes y momentos flectores para el eje 1 se ilustra en la figura 27.

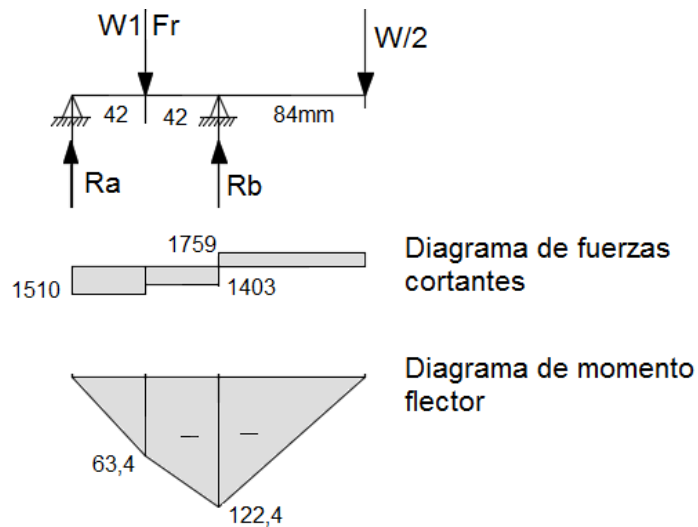


Fig. 28. Diagrama de esfuerzo cortante y Momento flector del Eje 1.

Fuente: Elaboración propia

Realizando los diagramas de esfuerzos cortantes y momentos flector para el eje 2 se ilustra en la figura 28.

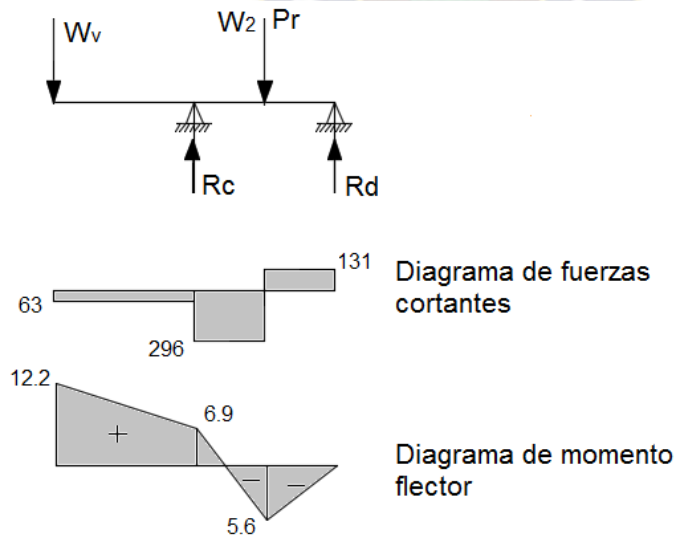


Fig. 29. Diagrama de esfuerzo cortante y Momento flector del Eje 2.

Fuente: Elaboración propia

De los cálculos realizados con la sumatoria de fuerzas verticales, fuerzas horizontales y momentos:

$$\Sigma F_V = 0, \quad \Sigma F_H = 0, \quad \Sigma M = 0$$

$$R_a = -1510 \text{ N}$$

$$R_b = 3162 \text{ N}$$

$$R_c = 233 \text{ N}$$

$$R_d = 194 \text{ N}$$

Calculo del diámetro del eje con las sollicitaciones máximas, sin tomar en cuenta cargas axiales:

$$d = \left[ \frac{32 \text{ N}}{\pi S_Y} (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{1/3} \quad (21)$$

$$d_{e1} = 21 \text{ mm}$$

$$d_{e2} = 14,1 \text{ mm}$$

Con estos valores de los diámetros se realiza los planos de los ejes, con una diferencia de 3mm entre diferentes secciones y apoyos en la sección de Planos.

### 3.3.3.4 Diseño de soportes de la olla

La olla debe descansar sobre la estructura soporte mediante los ejes 1 y 3, estos ejes están solidarios a la olla, por lo que se necesitan dos descansos, los cuales estarán montados 50mm más arriba del centro de gravedad hallado anteriormente.



Figura 30. Bujes de olla  
Fuente: Elaboración propia

Más detalles se especifican en la sección de planos.

### 3.3.3.5 Selección de chumaceras

Los ejes se apoyaran en chumaceras, una descripción de este elemento se muestra en la figura 30.

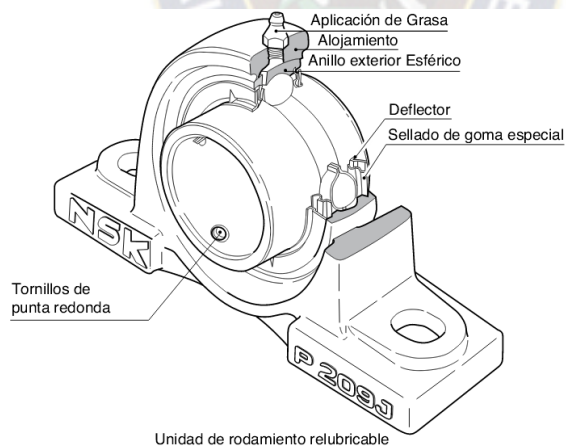


Figura 31. Descripción de una chumacera  
Fuente: [www.eissa.mx/chumnsk.pdf](http://www.eissa.mx/chumnsk.pdf)

Las chumaceras para el eje 1 se seleccionan del catálogo de NSK, siendo el más adecuado el modelo:

- UCP202D1
- UCP204D1

Diám. Eje mm pulgadas	Designación soporte (1)	Dimensiones nominales											Tamaño tornillo mm pulgadas	Número de rodamiento
		H	L	J	A	N	N <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	B	S		
15 9/16 5/8	UCP202D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10 3/8	UC202D1 UC202-009D1 UC202-010D1
	UCP202-009D1	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	5	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1/2	5/8	9/16	27/16	12 <sup>1</sup> / <sub>32</sub>	1.2205	0.500		
	UCP202-010D1													
20 3/4	UCP204D1	33.3	127	95	38	13	16	14	65	42	31	12.7	M10 3/8	UC204D1 UC204-012D1
	UCP204-012D1	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	5	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1/2	5/8	9/16	29/16	12 <sup>1</sup> / <sub>32</sub>	1.2205	0.500		

Figura 32. Catálogo de chumaceras NSK  
Fuente: [www.eissa.mx/chumnsk.pdf](http://www.eissa.mx/chumnsk.pdf)

Las chumaceras para el eje 1 se seleccionan del catálogo de NSK, siendo el más adecuado el modelo:

- UCP204D1
- UCP206D1

Diám. Eje mm pulgadas	Designación soporte (1)	Dimensiones nominales											Tamaño tornillo mm pulgadas	Número de rodamiento
		H	L	J	A	N	N <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	B	S		
20 3/4	UCP204D1	33.3	127	95	38	13	16	14	65	42	31	12.7	M10 3/8	UC204D1 UC204-012D1
	UCP204-012D1	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	5	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1/2	5/8	9/16	29/16	12 <sup>1</sup> / <sub>32</sub>	1.2205	0.500		
30 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> 1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub> 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	UCP206D1	42.9	165	121	48	17	20	17	83	54	38.1	15.9	M14 1/2	UC206D1 UC206-101D1 UC206-102D1 UC206-103D1 UC206-104D1
	UCP206-101D1													
	UCP206-102D1	1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	17/8	2 <sup>1</sup> / <sub>32</sub>	2 <sup>5</sup> / <sub>32</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>32</sub>	39/32	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1.5000	0.626		
	UCP206-103D1													
	UCP206-104D1													

Figura 33. Catálogo de chumaceras NSK  
Fuente: [www.eissa.mx/chumnsk.pdf](http://www.eissa.mx/chumnsk.pdf)

### 3.4 Operación y Mantenimiento de los Sistemas

#### 3.4.1 Operación

La operación del sistema de calefacción esta de PO – 01 se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Operación del Horno Basculante

N°	Operación	Obs.
1	Verificación de conexión, no debe existir cableado suelto y fuera de lugar	
2	Verificar que la salida de gases de combustión y entrada de gas no estén obstruidas	
3	Verificar la correcta conexión de las tuberías del quemador hacia el horno	
4	La ubicación del horno debe ser en un ambiente ventilado.	
5	Abrir la válvula de paso de gas natural	
6	Verificar la correcta posición del crisol y cerrar la tapa del horno	
7	Cargar material de bronce con un peso máximo de 1 kilos y en longitudes menores a 5 cm	
8	Energizar el horno a través del cable de energizado de tensión monofásico 220Vac	
9	Setear la temperatura de trabajo a 1050°C	
10	Presionar el botón de encendido	
11	Verificar que siga el proceso de encendido: Barrido, entrada de gas, encendido, regulación de entrada de aire, operación normal	

Fuente: Elaboración propia

La operación del horno basculante continúa en la Tabla 8.1

Tabla 8.1 Operación del Horno Basculante

N°	Operación	Obs.
12	Verificar la salida de gases de combustión por el orificio de salida	
13	Calentar el horno durante 45 minutos	
14	Cargar material de bronce con un peso máximo de 1 kilos y en longitudes menores a 5 cm hasta alcanzar un nivel de metal fundido que este por debajo del nivel del crisol de 10 cm.	
15	Una vez fundido el metal, proceder al apagado mediante el botón OFF del tablero de control	
16	Posicionar los moldes a vaciar en el área batiente del horno para vertido de metal.	
17	Sacar el seguro del volante y lentamente girar el mecanismo basculante hasta que salta el metal fundido por el pico	
18	Cuando el molde este lleno mediante el mecanismo retroceder el movimiento batiente sin dejar de controlar manualmente el volante.	

Fuente: Elaboración propia

Al momento de hacer uso del horno se debe tener en cuenta aspectos importantes por seguridad para el operador y precautelar la vida útil del equipo se ilustra en la tabla9.

Tabla 9. Recomendaciones de operación

N°	Operación	Obs.
1	Antes de utilizar el horno basculante se debe verificar que no estén obstruidas las entradas de gases de combustión a la olla	
2	El crisol no debe tener rajaduras o estar quebrado	
3	Ante cualquier fuga de gas el proceso debe ser interrumpido	
4	No abrir la tapa del horno mientras el quemador esté funcionando	
5	En el momento de alimentar metal al crisol no mirar y acercarse directamente a la salida de gases de combustión.	

Fuente: Elaboración propia

Al finalizar el procedimiento de fundición y vertido de metal se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

Tabla 10. Recomendaciones de operación

N°	Operación	Obs.
1	Cerrar la válvula de cierre de la línea de gas natural	
2	Una vez fundido el metal, proceder al apagado mediante el botón OFF del tablero de control	
3	Posicionar los moldes a vaciar en el área batiente del horno para vertido de metal.	
4	Sacar el seguro del volante y lentamente girar el mecanismo basculante hasta que salta el metal fundido por el pico	
5	Cuando el molde este lleno mediante el mecanismo retroceder el movimiento batiente sin dejar de controlar manualmente el volante.	

Fuente: Elaboración propia



### 3.4.2 Mantenimiento del Horno Basculante

#### 3.4.2.1 Mantenimiento del Sistema de Calefacción

El mantenimiento básico se ilustra en las tablas 11 y 12 de acuerdo al cuadro de programación.

Tabla 11. Frecuencia de Mantenimiento FM -01

N°	Descripción	Frecuencia		
		Semanal	Mensual	Semestral
1	Programador		X	X
2	Cableado		X	X
3	Canon y Tuberías			X
4	Válvulas de paso de gas		X	X
5	Motor eléctrico			X
6	Ventilador centrifugo		X	X
7	Encendido chispa			X

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12. Mantenimiento Mensual PMM-01

N°	Operación	Obs.
1	Verificación de conexionado, no debe existir cableado suelto y fuera de lugar	
2	El cableado debe estar dentro de un conducto, si esta suelto o con la parte aislante corregirlo	
3	Asegurar los pernos de sujeción del cañón	
4	Limpiar el polvo acumulador exteriormente, asegurar los pernos de sujeción, y asegurar el ventilador y su tapa	
5	Inspeccionar que el ventilador este balanceado y que sus alabes no estén dañados	
6	Verificar que el cableado del tablero de control hacia el programador, transformador de alta tensión y electrodos de chispa estén en buen estado.	

Mantenimiento Anual PMA-01

N°	Operación	Obs.
1	Asegurado de cableado del tablero de control al programador	
2	Desmontar el motor eléctrico, en sus elementos tapas, rotor, estator,	
3	Asegurar los pernos de sujeción del cañón	
4	Limpiar el polvo acumulador exteriormente, asegurar los pernos de sujeción, y asegurar el ventilador y su tapa	
5	Inspeccionar que el ventilador este balanceado y que sus alabes no estén dañados	
6	Verificar que el cableado del tablero de control hacia el programador, transformador de alta tensión y electrodos de chispa estén en buen estado.	

### 3.4.2.2 Mantenimiento del Sistema de Volteo

El sistema de volteo tiene una frecuencia de mantenimiento mensual y anual que se ilustra en la tala 13.

Tabla 13. Procedimiento de Mantenimiento M -02

N°	DESCRIPCION DE OPERACIÓN	FRECUENCIA	
		MENSUAL	ANUAL
1	Inspección de las partes del sistema	x	
2	Desmontar la tapa de la caja de engranajes		x
3	Inspección de ejes.	x	
4	Corrección con soldadura piezas sueltas		x
5	Ajuste de pernos de sujeción de chumacera		x
6	Ajuste de pernos de sujeción de volante y caja de engranajes		x
7	Lubricación de tren de engranajes	x	x
8	Lubricación de chumacera con grasa de rodamiento	x	x
9	Cambio de rodamiento en caso de existir defecto		x

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.2.2 Operación del Sistema Estructura Metálica

En cuanto a la operación del sistema de Estructura metálica, se hace la recomendación de

- No golpear ni deformar la estructura
- Cuidar de que no caiga metal fundido a la estructura

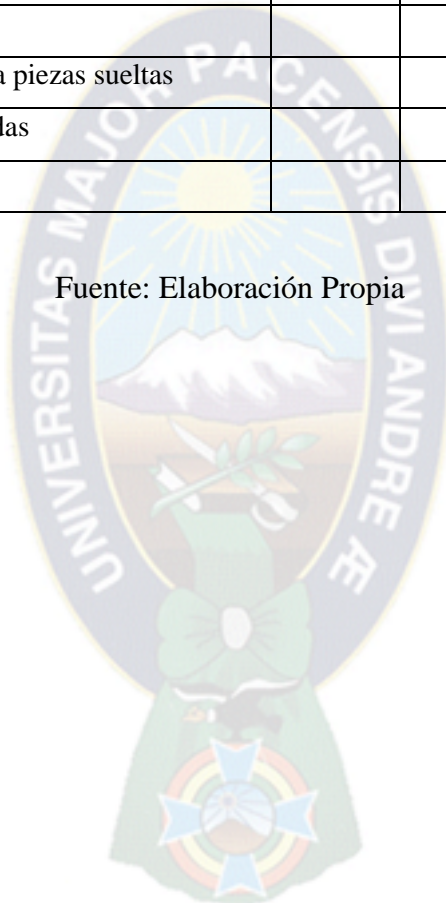
### 3.4.3.2 Mantenimiento del Sistema Estructura Metálica

Para el mantenimiento remítase al M-03, en el cual se da la frecuencia de mantenimiento de la estructura.

Tabla 14. Procedimiento de Mantenimiento M -03

N°	DESCRIPCION DE OPERACIÓN	FRECUENCIA		
		MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
1	Inspección de la estructura	X	X	X
2	Desprender material fundido o escoria	X		
3	Lijado de la estructura			X
4	Corrección con soldadura piezas sueltas			X
5	Cambio de piezas corroídas			X
6	Pintado total			X

Fuente: Elaboración Propia



**DISEÑO DE UN HORNO DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA  
SER-TEC**

---

**CAPITULO 4**

**HOJAS DE PROCESO Y MONTAJE**



## **CAPITULO 4. HOJAS DE PROCESO Y MONTAJE**

Las hojas de proceso se indican en las siguientes tablas, las cuales muestran el costo por material e insumos usados, así mismo el costo por manos de obra. La mano de obra es de la empresa SERTEC, por lo cual el costo por este ítem está basado en datos de sus planillas de pago.

Separándose este capítulo en dos partes, una primera que de fabricación de partes de los sistemas del horno basculante y un segunda parte que nos ilustra el montaje de los sistemas hasta el conjunto.


### **4.1 Hojas de procesos**

En las tablas 19 a 24 se ilustra el proceso que se sigue para piezas que se fabricaran en la empresa SERTEC.





Tabla 16. Hoja de proceso de Tapa

HOJAS DE PROCESO Y COSTOS DE FABRICACIÓN												
		Proyecto: Diseño de un Homo de Fundición Proyectista: Luis Aliaga Suñagua Sistema: Olla Supervisor: Luis Aliaga Suñagua Material: ASTM 36 Designación: Tapa Peso bruto: 3,00 kg Código de parte: SO2 Peso neto: 3,00 kg No de plano: PL11 No de Piezas: 1 Hoja 2 de 10										
Proceso	Descripción del Proceso	Descripción del equipo	Tiempo de preparación	Tiempo de ejecución	Tiempo total del proceso	Tiempo acumulado por pieza	Mano de obra	Costo/hora de mano de obra	Costo de mano de obra	Costo/hora del equipo	Costo/hora del equipo por proceso	Costo por pieza acumulado
Nº	INSUMO	Unid.	to/l	Cantidad	Costo/pza.	Costos	Por pieza	Cantidad	Por todas las piezas			
10	Trazar y rayar la pieza					5,00	10,00	15,00	16,00	4,00	1,00	0,25
20	Cortado plancha					5,00	5,00	10,00	14,00	2,33	3,04	0,51
30	Cortado de base de tapa					5,00	5,00	10,00	16,00	2,67	1,30	0,22
40	Soldado cilindro					5,00	5,00	10,00	14,00	2,33	2,39	0,40
50	Soldado de cilindro a base					5,00	5,00	10,00	16,00	2,67	2,39	0,40
60												
70												
80												
90												
100												
INSUMOS										TOTALIZACIÓN DE COSTOS		
1	Electrodo 6013	Pieza	2	9,00	18,00	Costo de mano de obra	14,00	1	14,00			
2					0,00	Costo de equipos	1,77	1	1,77			
3					0,00	Costo de insumos	18,00	1	18,00			
4					0,00	Costo total						33,77
5						Tiempo Total de trabajo						55,00


Fuente: Elaboración propia

Todos los tiempos se presentan en minutos y los costos en bolívianos  
 TM = Técnico Mecánico AM = Ayudante Mecánico TE = Técnico Eléctrico






Tabla 18. Hoja de proceso de Patas

HOJAS DE PROCESO Y COSTOS DE FABRICACIÓN													
		Proyecto: Diseño de un Horno de Fundición Proyectista: Luis Aliaga Suñagua Sistema: Olla Supervisor: Luis Aliaga Suñagua Material: ASTM 36 Designación: Buje eje Peso bruto: 1,20 kg Código de parte: SE3 Peso neto: 1,20 kg No de Piezas: 2 Hoja 4 de 10											
		Descripción del Proceso			Descripción del equipo			Preparación			Mano de obra		
Nº	Proceso	Unid. /to/l	Cantidad	Costo/pza.	Costos	Tiempo de ejecución	Tiempo total del proceso	Tiempo acumulado por pieza	Costo / hora de mano de obra	Costo de mano de obra	Costo / hora del equipo	Costo / hora del equipo por proceso	Costo por pieza acumulado
10	Trazar y rayar la pieza				5,00	10,00	15,00	15,00	TM	16,00	4,00	1,00	0,25
20	Cortado plancha				5,00	5,00	10,00	25,00	AM	14,00	2,33	3,00	0,50
30	Fresado de plancha		3,00	5,70	15,00	3,00	18,00	43,00	TM	16,00	4,80	30,38	9,11
40	Cortado tubo				5,00	5,00	10,00	53,00	AM	14,00	2,33	3,04	0,51
50	Cilindrado interior tubo				10,00	5,00	15,00	68,00	TM	16,00	4,00	15,19	3,80
60	soldado tubo a plancha base				5,00	5,00	10,00	78,00	TM	16,00	2,67	2,39	0,40
70													
80													
90													
100													
<b>INSUMOS</b>													
INSUMO		Unid. /to/l	Cantidad	Costo/pza.	Costos	Tiempo de ejecución	Tiempo total del proceso	Tiempo acumulado por pieza	Costo / hora de mano de obra	Costo de mano de obra	Costo / hora del equipo	Costo / hora del equipo por todas las piezas	
1	Electrodo 6013	Pieza 2	3,00	5,70	Costo de mano de obra			20,13				40,27	
2				0,00	Costo de equipos			14,57				29,13	
3				0,00	Costo de insumos			5,70				11,40	
4				0,00	Costo total							80,80	
5					Tiempo Total de trabajo							156,00	
Todos los tiempos se presentan en minutos y los costos en bolívianos TM = Técnico Mecánico AM = Ayudante Mecánico TE = Técnico Eléctrico													

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Hoja de proceso Eje 1


HOJAS DE PROCESO Y COSTOS DE FABRICACIÓN											
		Proyecto: Diseño de un Horno de Fundición		Proyectista: Luis Aliaga Suñagua		Tiempo de ejecución		Tiempo de preparación		Tiempo total del proceso	
		Sistema: Volteo		Supervisor: Luis Aliaga Suñagua		Material: ASTM 36		Mano de obra de mano de obra		Costo de mano de obra	
Designación: Eje 1		Peso bruto: 4,00 kg		Costo / hora del equipo		Costo / hora de mano de obra		Costo / hora del equipo		Costo por pieza acumulado	
Código de parte: SE6		Peso neto: 4,00 kg		No de Piezas: 1		Hoja 5 de 10					
No de plano: PL11											
Proceso	Descripción del Proceso	Descripción del equipo	Tiempo de ejecución	Tiempo de preparación	Tiempo total del proceso	Mano de obra de mano de obra	Costo / hora de mano de obra	Costo / hora del equipo	Costo por pieza acumulado	Costo / hora del equipo	Costo por pieza acumulado
10	Trazar y rayar la pieza	Lápiz, regla metálica, compas, escuadria, rayador	5,00	10,00	15,00	TM	16,00	4,00	16,00	1,00	0,25
20	Cortado eje	Amoladora	5,00	5,00	10,00	AM	14,00	2,33	14,00	1,88	0,31
30	Taladrado de agujero de centros	Torno convencional	10,00	2,00	12,00	AM	15,20	3,04	15,20	0,57	0,11
40	Cilindrado del eje	Torno convencional	10,00	5,00	15,00	TM	15,20	3,80	15,20	0,57	0,14
50	Maquinado de chavetero	Fresadora	20,00	7,00	27,00	TM	15,00	6,75	15,00	1,57	0,71
60											
70											
80											
90											
100											
			<b>INSUMOS</b>			<b>TOTALIZACIÓN DE COSTOS</b>					
1	INSUMO	Unid. /to/l	Cantidad	Costo/pza.	Costos	Por pieza	Cantidad	Por todas las piezas			
1				0,00	Costo de mano de obra	19,92	1	19,92			
2				0,00	Costo de equipos	1,53	1	1,53			
3				0,00	Costo de insumos	0,00	1	0,00			
4				0,00	Costo total			21,45			
5					Tiempo Total de trabajo			79,00			

Todos los tiempos se presentan en minutos y los costos en bolívianos

TM = Técnico Mecánico AM = Ayudante Mecánico TE = Técnico Eléctrico

Fuente: Elaboración propia


Tabla 20. Hoja de proceso Eje 2

HOJAS DE PROCESO Y COSTOS DE FABRICACIÓN																	
		Proyecto:	Diseño de un Horno de Fundición		Proyectista:	Luis Aliaga Suñagua											
		Sistema:	Volteo		Supervisor:	Luis Aliaga Suñagua											
Designación:		Eje 1		Material:	ASTM 36												
Código de parte:		SE8		Peso bruto:	1,20 kg												
No de plano:		PL10		Peso neto:	1,20 kg												
				No de Piezas:	1		Hoja		6 de 10								
Proceso	Descripción del Proceso		Descripción del equipo				Tempo de preparación	Tempo de elección	Tempo total del proceso	Tempo acumulado por pieza	Mano de obra	Costo / hora obra	Costo de mano de obra	Costo / hora obra	Costo / hora del equipo	Costo / hora del equipo	Costo por pieza acumulado
10	Trazar y rayar la pieza		Lápiz, regla metálica, compas, escuadria, rayador				5,00	10,00	15,00	15,00	TM	16,00	4,00	1,00	0,25	0,25	0,25
20	Cortado eje		Amoladora				5,00	5,00	10,00	25,00	AM	14,00	2,33	1,88	0,31	0,56	0,56
30	Taladrado de agujero de centros		Torno convencional				10,00	2,00	12,00	37,00	AM	15,20	3,04	0,57	0,11	0,68	0,68
40	Cilindrado del eje		Torno convencional				10,00	5,00	15,00	52,00	TM	15,20	3,80	0,57	0,14	0,82	0,82
50	Maquinado de chavetero		Fresadora				20,00	7,00	27,00	79,00	TM	15,00	6,75	1,57	0,71	1,53	1,53
60																	
70																	
80																	
90																	
100																	
<b>INSUMOS</b>												<b>TOTALIZACIÓN DE COSTOS</b>					
INSUMO		Unid.	to/l	Cantidad	Costo/pza.	Costos	Costo de mano de obra	Costo de equipos	Costo de insumos	Costo total	Tempo Total de trabajo	Por pieza	Cantidad	Por todas las piezas			
1					0,00	0,00	19,92			19,92		19,92	1	19,92			
2					0,00	0,00				1,53		1,53	1	1,53			
3					0,00	0,00				0,00		0,00	1	0,00			
4					0,00	0,00								21,45			
5														79,00			
Todos los tiempos se presentan en minutos y los costos en bolívianos																	
TM = Técnico Mecánico AM = Ayudante Mecánico TE = Técnico Eléctrico																	

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Hojas de Montaje

Tabla 21. Hoja de Montaje de olla

HOJAS DE PROCESO Y COSTOS DE MONTAJE														
	Proyecto:	Diseño de un Horno de Fundición para la empresa		Proyectista:	Luis aliaga Suñagua									
	Sistema:	Olla		Supervisor:	Luis aliaga Suñagua									
	Designación:	Secuencia 1		Peso bruto:	171,90	kg								
	Código de parte:	Varios		Peso neto:	159,24	kg								
	No de plano:			Conjunto de piezas:	1	Hoja	1 de 1							
Proceso	Descripción del Proceso			Descripción del equipo			Mano de obra	Costo / hora de mano de obra	Costo de mano de obra	Costo de obra por proceso	Costo / hora del equipo	Costo / hora del equipo por proceso	Costo por pieza acumulado	
10	Posicionamiento del cilindro metálico						10,00	15,00	25,00	AM	14,00	5,83	0,00	0,00
20	posicionamiento de base de ladrillos refractarios			Espátula			10,00	15,00	25,00	AM	14,00	5,83	0,00	0,00
30	llenado de espacios y una capa de cemento refractario			Espátula			10,00	15,00	25,00	AM	14,00	5,83	0,00	0,00
40	Posicionamiento de paredes de ladrillo refractario			Espátula			10,00	15,00	25,00	AM	14,00	5,83	0,00	0,00
50	llenado de espacios y una capa de cemento refractario entre capa de ladrillo			Espátula			10,00	15,00	25,00	AM	14,00	5,83	0,00	0,00
60	Soldado de pico a la holla			Maquina de soldar			5,00	3,00	8,00	TM	16,00	2,13	2,57	0,34
70	Forrado con ladrillo y cemento refractario del pico			Espátula			10,00	15,00	25,00	AM	14,00	5,83	0,00	0,34
80														
90														
100														
Nº	INSUMOS			INSUMOS			TOTALIZACIÓN DE COSTOS							
	INSUMO	Unid.	Costo/unid.	Cantidad	Costo/pza.	Costos	Por pieza		Cantidad		Por todas las piezas			
1	Cemento refractario	bolsa	90,00	4,00	360,00	Costo de mano de obra	37,13	1	37,13					
2	Electrodo 6013	varilla	2,00	2,00	4,00	Costo de equipos	0,34	1	0,34					
3						Costo de insumos	364,00	1	364,00					
4						Costo total								
5						Tiempo Total de trabajo							158,00	

Todos los tiempos se presentan en minutos y los costos en bolivianos  
 TM= Técnico Mecánico AM= Ayudante Mecánico TE= Técnico Eléctrico

Tabla 22. Hoja de Montaje de tapa de olla





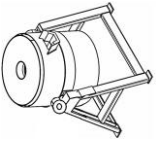
		HOJAS DE PROCESO Y COSTOS DE MONTAJE												
Proyecto:		Diseño de un Homo de Fundición para la empresa								Proyectista:		Luis aliaga Suñagua		
Sistema:		Tapa								Supervisor:		Luis aliaga Suñagua		
Designación:		Secuencia 1								Peso bruto:		26,00 kg		
Código de parte:		Varios								Peso neto:		26,00 kg		
No de plano:										Conjunto de piezas:		1 Hoja 1 de 1		
Proceso	Nº	Descripción del Proceso		Descripción del equipo		Tiempo de Preparación	Tiempo de ejecución	Tiempo total del proceso	Mano de obra acumulada por pieza	Mano de obra de mano de obra	Costo / hora de mano de obra	Costo / hora del equipo	Costo por hora del equipo	Costo por pieza acumulada
10		Posicionamiento de tapa metálica				10,00	15,00	25,00	25,00	AM	14,00	5,83	0,00	0,00
20		Soldado de bisagra y manija		Maquina de soldar		10,00	15,00	25,00	50,00	TM	16,00	6,67	2,57	1,07
30		posicionamiento de base de ladrillos refractarios		Espatula		10,00	15,00	25,00	75,00	AM	14,00	5,83	0,00	1,07
40		llenado de espacios y una capa de cemento refractario		Espatula		10,00	15,00	25,00	100,00	AM	14,00	5,83	0,00	1,07
50		Posicionamiento de paredes de ladrillo refractario		Espatula		10,00	15,00	25,00	125,00	AM	14,00	5,83	0,00	1,07
60		llenado de espacios y una capa de cemento refractario		Maquina de soldar		5,00	3,00	8,00	133,00	AM	14,00	1,87	0,00	1,07
70														
80														
90														
100														
<b>INSUMOS</b>														
	INSUMO	Unid.	Costo/unid.	Cantidad	Costo/pza.	Costos	<b>TOTALIZACIÓN DE COSTOS</b>							
1	Cemento refractario	bolsa	90,00	4,00	360,00	Costo de mano de obra	Por pieza		Cantidad	Por todas las piezas				
2	Electrodo 6013	varilla	2,00	1,00	2,00	Costo de equipos	31,87		1	31,87				
3						Costo de insumos	1,07		1	1,07				
4						Costo total	362,00		1	362,00				
5						Tiempo Total de trabajo				394,94				
Todos los tiempos se presentan en minutos y los costos en bolivianos TM = Técnico Mecánico AM = Ayudante Mecánico TE = Técnico Eléctrico														

Tabla 23. Hoja de Montaje de olla

		HOJAS DE PROCESO Y COSTOS DE MONTAJE											
Proyecto: Diseño de un Horno de Fundición para la empresa Luis aliaga Suñagua Sistema: Estructura metálica Designación: Secuencia 1 Código de parte: Varios No de plano:		Proyectista: Luis aliaga Suñagua Supervisor: Luis aliaga Suñagua Peso bruto: 30,00 kg Peso neto: 30,00 kg Conjunto de piezas: 1 Hoja 1 de 1											
Proceso	Descripción del Proceso	Descripción del equipo	Tiempo de preparación	Tiempo de elección	Tiempo total del proceso	Mano de obra acumulada por pieza	Mano de obra de mano de obra	Costo / hora obra	Costo de mano de obra	Costo / hora del equipo	Costo / hora del equipo	Costo por pieza acumulada	
													Costo/ins
10	Posicionamiento olla		10,00	5,00	15,00	15,00	AM	14,00	3,50	0,00	0,00	0,00	
20	Soldado de bujes	Maquina de soldar	10,00	6,00	16,00	31,00	TM	16,00	4,27	2,57	0,69	0,69	
30	Montaje de chumaceras en patas	llave de ojo 15mm	5,00	10,00	15,00	46,00	AM	14,00	3,50	0,00	0,00	0,69	
40	Soldado de travesaños de patas	Maquina de soldar	10,00	6,00	16,00	62,00	TM	16,00	4,27	2,57	0,69	1,37	
50	Montaje de ejes 1 y 2		10,00	5,00	15,00	77,00	TM	16,00	4,00	0,00	0,00	1,37	
60	Montaje de base de engranajes	Maquina de soldar	5,00	15,00	20,00	97,00	TM	16,00	5,33	0,00	0,00	1,37	
70	Montaje de engranajes		5,00	15,00	20,00	117,00	TM	16,00	5,33	1,00	0,33	1,70	
80	Montaje de tapa de engranajes	Destornillador plano	5,00	15,00	20,00	137,00	AM	14,00	4,67	2,00	0,67	2,37	
90	Pintado de estructura metálica												
100													
<b>INSUMOS</b>													
Nº	INSUMO	Unid.	Costo/unid.	Cantidad	Costo/pza.	Costos	TOTALIZACIÓN DE COSTOS						
1						Costo de mano de obra	Por pieza	cantidad	Por todas las piezas				
2						Costo de equipos		34,87	1	34,87			
3						Costo de insumos		2,37	1	2,37			
4						Costo total		0,00	1	0,00			
5						Tiempo Total de trabajo				37,24			
Todos los tiempos se presentan en minutos y los costos en bolívianos TM = Técnico Mecánico AM= Ayudante Mecánico TE = Técnico Eléctrico													

**DISEÑO DE UN HORNO DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA  
SER-TEC**

---

**CAPITULO 5**

**COSTOS**





## CAPITULO 5. COSTOS

### 5.1 Costo de Materiales e Insumos

El balance de materiales necesarios para la construcción del horno basculante se citan y sus costos fueron realizados por cotizaciones del mercado local.



Estos costos se detallan en la tabla 15.

Tabla 24.

Balance de materiales e insumos

N°	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo material
1	Plancha ASTM 36 de 2x1x0,004m	1	Hoja	450	450
2	Plancha ASTM 36 de 2x1x0,003 m	1	Hoja	380	380
3	Pletina ASTM 36 de 6x0,1x0,008 m	1	barra	220	220
4	Costanera 0,08x0,04x0,03 m	1	barra	220	220
5	Eje, acero 7010 de 0,30x1 m	1	barra	120	120
6	Ladrillo refractario cónico. "CORALIT"	76	pieza	12.50	950
7	Ladrillo refractario recto. "CORALIT"	10	pieza	13.50	135
8	Cemento refractario. "CORALIT"	5	bolsa	90	450
9	Crisol G-50.	1	pieza	2200	2200
10	Rodamiento rígido de bolas. D-8 cm.	3	pieza	90	270
11	Engranajes 18 dientes. Pd=4pulg	1	pieza	1250	1250
12	Engranajes 18 dientes. Pd=4pulg	1	pieza	880	880
13	Quemador industrial.	1	pieza	8500	8500
14	Termocupla Tipo K WIKA	1	pieza	1.857	1.857
15	Controlador de Temperatura OMRON	1	pieza	1.513	1.513
16	Cable 3x1.5 mm <sup>2</sup>	10	metro	16	160
17	Chumacera NSK CP202D1	1	pieza	210	210
18	Chumacera NSK CP204D1	2	pieza	235	470
19	Chumacera NSK CP206D1	1	pieza	290	290
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>20.365</b>

## 5.2 Costo de Mano de Obra

Para la construcción del Horno Basculante se consideran 3 técnicos y un proyectista que a su vez supervisara el proyecto.

Tabla 25. Costo de Mano de Obra

N°	Ítem	Cantidad	horas	(Bs)	Costo total (Bs)
1	Técnico Mecánico	1	40	150	6000
2	Técnico Mecánico	1	40	150	6000
3	Técnico Eléctrico	1	16	170	2720
4	Proyectista	1	56	250	14000
COSTO TOTAL					

Fuente: Elaboración propia en base a precios del mercado local

## 5.3 Costo de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento en mano de obra se ilustran en la tabla 17.

Tabla 26. Costo de mano de obra para mantenimiento

N°	Ítem	Cantidad	horas	<u>Costo hora</u> (Bs)	Costo total (Bs)
1	Técnico Mecánico	1	16	16	256
2	Técnico Eléctrico	1	8	16	128
COSTO TOTAL					384

Fuente: Elaboración propia en base a datos SERTEC S.R.L.

El costo de mantenimiento se lo realiza evaluándolo en forma mensual y anual.

Tabla 27. Costo de mantenimiento Mensual

N°	Ítem	Cantidad	Unidad	(Bs)	Costo total (Bs)
1	Grasa sintética	0,1	Kilo	1	0,1
2	Grasa de rodamiento	1	Kilo	2	2
3	Mano de obra	4	hora	16	64
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>66</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Costo de mantenimiento anual

N°	Ítem	Cantidad	Unidad	(Bs)	Costo total (Bs)
1	Pintura	1	Litro	60	60
2	Electrodo 6013 1/8	0,25	Kilo	8	2
3	Grasa sintética	0,1	Kilo	1	0,1
4	Grasa de rodamiento	1	Kilo	2	2
5	Cemento refractario	1	Bolsa	120	120
6	Mano de obra	16	Hora	16	256
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>440</b>

Fuente: Elaboración propia en base a precios del mercado

#### 5.4 Costo de Operación de Sistemas

El costo de operación de los sistemas de específica en realidad es nulo a excepción del sistema de calentamiento que consume energía eléctrica y gas natural, el promedio de frecuencia de uso de 1 veces por mes.

Tabla 29. Costo de Operación por Fundición

N°	Ítem	Cantidad	Costo total (Bs)
1	Gas natural	1	0.5
2	Energía eléctrica	1	0.98
Total			1.5

Fuente: Elaboración propia en base a precios del mercado

#### 5.5 Costo Total

El costo total de fabricación del horno se lo esquematiza en la tabla 17.

Tabla 30. Costo de Fabricación

N°	Ítem	Costo total (Bs)
1	Costo Materiales e insumos	17265
2	Costo Mano de obra	14000
3	Costo indirectos	800
Total		32065

Fuente: Elaboración propia

El costo de operación y mantenimiento se lo obtuvo de las anteriores tablas para resumirlas en la tabla 21.

Tabla 31. Costo de Mantenimiento

N°	Ítem	Costo total (Bs)
1	Costo Materiales e insumos	20.365
2	Costo Mano de obra	14000
3	Costo indirectos	800
4	Costo de operación	18
Total		35165

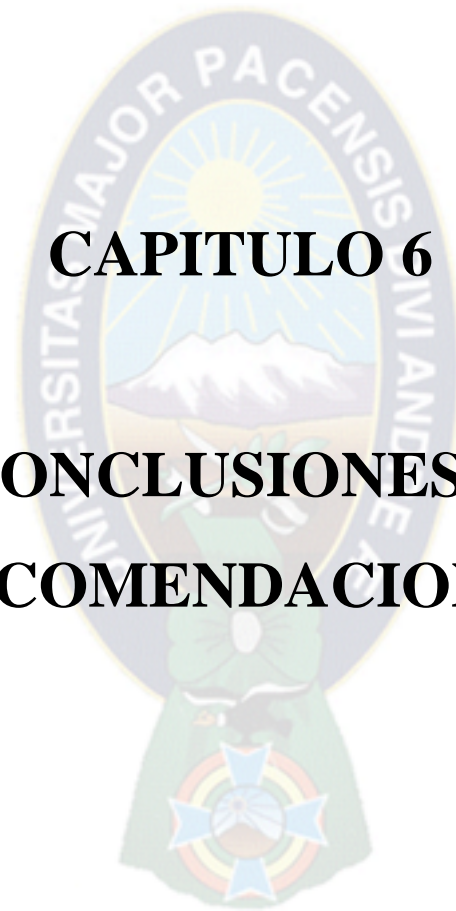


**DISEÑO DE UN HORNO DE FUNDICIÓN PARA LA EMPRESA  
SER-TEC**

---

**CAPITULO 6**

**CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**



## CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

El diseño del horno de fundición para bronce también es útil para la fundición de bronce, se evaluó el calor necesario para fundir el cobre dimensionando el sistema de calentamiento, la estructura metálica necesaria para soporte y el sistema de la olla en la cual se fundirá el metal.

El proyecto también presenta procedimientos de mantenimiento y operación los cuales tienen como fin lograr un buen funcionamiento del horno de fundición y tener una vida útil larga realizando el mantenimiento adecuado.

Los costos son inferiores a un equipo importado, por lo que es una alternativa para la pequeña industria de la fundición que puede aprovecharlo en una producción para el mercado nacional, por su bajo costo, fácil operación y mínimo mantenimiento.

Este equipo tiene un costo menor a un equipo importado por lo que es una oportunidad para la empresa y formar una nueva línea de producción, generando fuentes de empleo y aportando al desarrollo del país.

### 6.2 Recomendaciones

Se recomienda el uso del horno de fundición en un ambiente con bastante ventilación, evitar un lugar húmedo y cerrado, no debe estar expuesto a golpes, así mismo en el presente proyecto no se contempla el diseño de la línea de alimentación de gas natural, el cual debe realizarse de acuerdo a normativa vigente para precautelar la seguridad de los operadores.

Seguir los procedimientos de operación y mantenimiento. El mantenimiento debe ser realizado por personal técnico, para evitar errores u omisiones.

Aunque el horno tenga aislación habrá fuga de calor por paredes por lo cual debe evitarse tener contacto directo con la olla.



La empresa SERTEC no cuenta con un técnico en metalurgia y fundición, este puesto de trabajo es importante para asegurar que la producción obtenida tenga la calidad adecuada y pueda competir con otras empresas del medio e incluso con material importados.



## BIBLIOGRAFIA

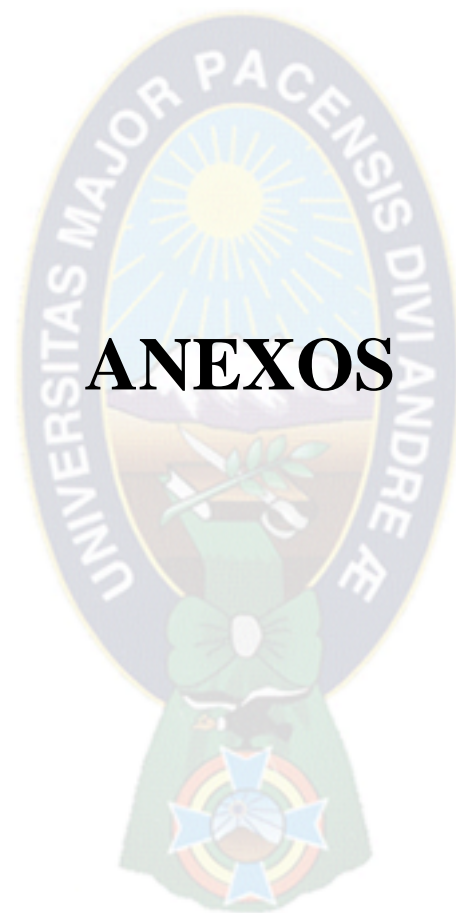
- American Country Society. (2008). Introducción a la Industria de la Fundición de los Metales. Estados Unidos de Norte América: American Foundry Society.
- CARRILLO, R. (2014). Diseño de un horno basculante por inducción. Proyecto de grado para optar al grado de Ingeniero Electromecánico. Ingeniería Mecánica. Universidad Mayor de San Andrés.
- Cengel, B. (2000). Tablas y Diagramas de Propiedades (Sistema Internacional). Madrid: McGraw Hill.
- Cengel, Y. A. (2003). Transferencia de Calor. Mexico: McGraw Hill.
- Comisión Chilena del Cobre. (2015). Tecnologías en Fundición del Cobre. Chile: Dirección de Estudios y Políticas Públicas.
- DELGADO, S. Instalación del horno de fundición y tratamientos térmicos para la carrera de Electromecánica, de la Facultad de Tecnología, Universidad Mayor de San Andrés
- Eraso Guerrero, O. (2008). Procesos de Manufactura. Mexico: UNAD.
- Holman, Philip. (2000). Transferencia de Calor. Madrid: Concepción Fernández.
- Incropea, F. P. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor. Mexico: Printce Hall.
- Instituto de Investigaciones y Desarrollo de Educación Avanzada. (2006). Procesos de Manufactura. Mexico: CONALEP.
- IPPC. (2009). Forja y Fundición. Madrid: Ministerio de medio ambiente y rural y marino.
- Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea Forja y Fundición, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Bilbao España, Editorial Rali S.A., 2009
- Shigley, Joseph Edward, (1991) Diseño en Ingeniería Mecánica, México, Mc Graw Hill.

Sañuela Berna, X., & Nápoles Alberro, A. (2000). Tecnología Mecánica. Barcelona: UPC.

Sigalés, B. (2003). Transferencia de Calor Técnica. Barcelona: Reverté.

[www.emisiones.es/hornos](http://www.emisiones.es/hornos)





# **ANEXOS**

## ANEXO 1. Horno de fundición Basculante



Fuente: EISPDM, Carrera de Metalurgia





## ANEXO 2. Fundición en horno de fosa



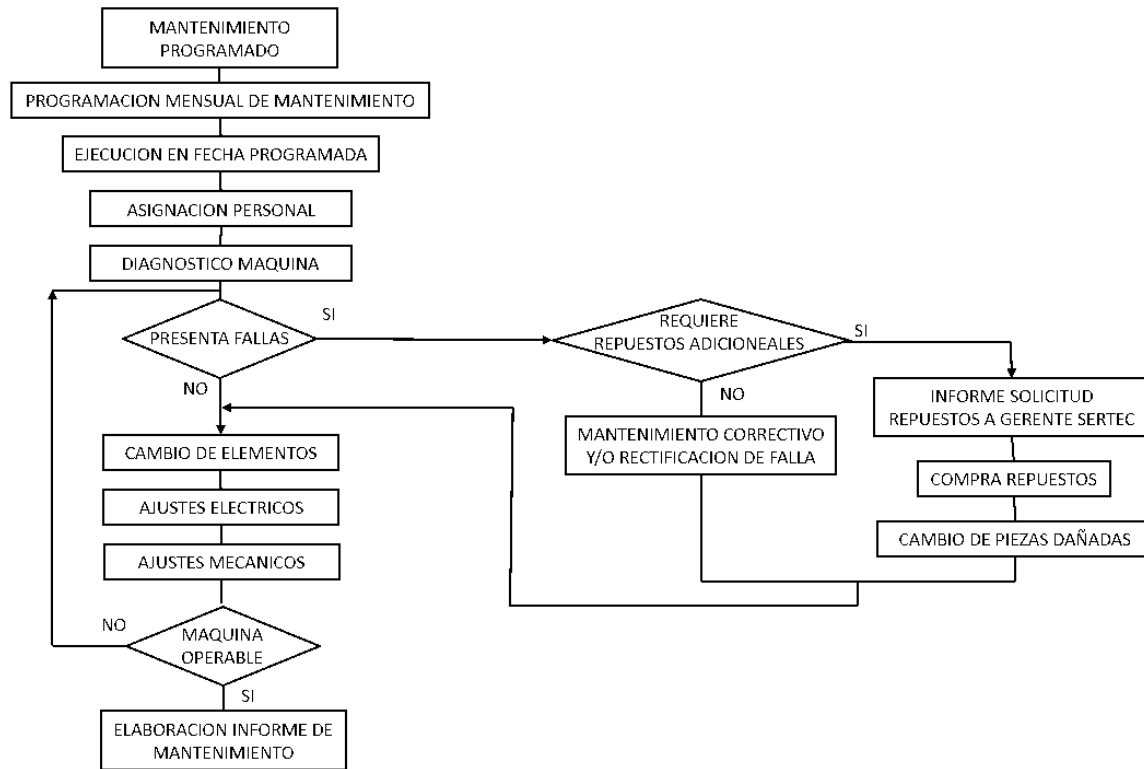
Fuente: EISPDM Carrera de Metalurgia

## ANEXO 3 Modelos de Hornos Basculantes

MODELO	DIMENSIONES CRISOL (HxD)cm	CAPACIDAD Kg/h	POTENCIA Kcal/h	PRECIO (euros)	PRECIO CRISOL (euros)
FB-150	60x53	150	90.000	24.260	810,0
FB-200	63x62	200	120.000	30.267	1026,0
FB-300	80x62	300	180.000	36.018	1323,0
FB-400	90x62	400	240.000	41.040	1566,0
FB-500	100x60	500	350.000	48.060	1863,0

Fuente: [www.emision.com](http://www.emision.com)

## ANEXO 4. Mantenimiento Programado



Fuente: Empresa SERTEC S.R.L.



## ANEXO 5. Propiedades físicas metales

Tabla 5 Propiedades físicas de metales.

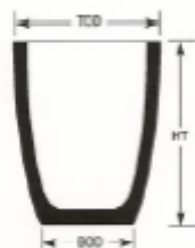
<b>Metal</b>	<b>Resistencia a la tensión MPa (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Temperatura de fusión °C</b>	<b>Dureza Brinell</b>	<b>Densidad en kg/m<sup>3</sup></b>
Aluminio	83-310	660	30-100	2,643
Latón	120-180	870	40-80	8,570
Bronce	130-200	1040	70-130	8,314
Cobre	345-689	1080	50-100	8,906
Hierro	276-345	1360	100-145	7,689
Fundición gris	110-207	1370	100-150	7,209
Acero	276-2070	1425	110-500	7,769
Plomo	18-23	325	3.2-4.5	11,309
Magnesio	83-345	650	30-60	1,746
Níquel	414-1103	1450	90-250	8,730
Zinc	48-90	785	80-100	7,144
Estaño	19-25	390	5-12	7,208
Titanio	552-1034	1800	158-266	4,517

Fuente: Eraso Guerrero, Procesos de Manufactura, Mexico: UNAD, 2008. P.25





ANEXO 6. Tabla de Modelos de Crisol de Grafito y Carbono



\* AGF 1 até AGF150 são fornecidos com pequeno bico  
\* Capacidade aproximada em litros



Descrição	FORMATO A	HT	TOD	BOD	Bronze	Aluminio	Volume
		(mm)	(mm)	(mm)	Kg	Kg	l
A&0080H0095&-SGF	AGF 1	95	80	55	0,8	0,2	0,1
A&0105H0110&-SGF	AGF 2	110	105	80	1,5	0,5	0,2
A&0105H0140&-SGF	AGF 3	140	105	80	3,0	1,0	0,4
A&0125H0145&-SGF	AGF 4	145	125	85	3,8	1,2	0,5
A&0125H0155&-SGF	AGF 5	155	125	85	5,3	1,7	0,7
A&0140H0170&-SGF	AGF 6	170	140	100	6,0	1,9	0,8
A&0140H0185&-SGF	AGF 8	185	140	100	6,8	2,2	0,9
A&0170H0200&-SGF	AGF 10	200	170	120	9,8	3,1	1,3
A&0170H0230&-SGF	AGF 13	230	170	120	12,0	3,8	1,6
A&0200H0235&-SGF	AGF 16	235	200	140	16,5	5,3	2,2
A&0200H0250&-SGF	AGF 20	250	200	140	18,8	6,0	2,5
A&0225H0250&-SGF	AGF 25	250	225	155	26,3	8,4	3,5
A&0230H0300&-SGF	AGF 30	300	230	155	34,5	11	4,6
A&0260H0320&-SGF	AGF 40	320	260	175	52,5	17	7,0
A&0260H0350&-SGF	AGF 50	350	260	175	60,0	19	8,0
A&0290H0360&-SGF	AGF 60	360	290	200	75,0	24	10
A&0290H0385&-SGF	AGF 70	385	290	200	82,5	26	11
A&0325H0390&-SGF	AGF 80	390	325	230	105,0	34	14
A&0330H0425&-SGF	AGF 100	425	330	235	120,0	38	16
A&0355H0430&-SGF	AGF 120	430	355	250	165,0	53	22
A&0360H0490&-SGF	AGF 150	490	360	250	187,5	60	25
A&0420H0520&-SGF	AGF 200	520	420	290	255,0	82	34
A&0420H0590&-SGF	AGF 250	590	420	290	300,0	96	40
A&0455H0580&-SGF	AGF 300	580	455	325	352,5	113	47
A&0510H0665&-SGF	AGF 400	665	510	295	457,5	146	61
A&0540H0670&-SGF	AGF 500	670	540	340	525,0	168	70
A&0540H0730&-SGF	AGF 600	730	540	330	600,0	192	80
A&0545H0835&-SGF	AGF 800	835	545	330	705,0	226	94
A&0615H0840&-SGF	AGF 1000	840	615	425	997,5	319	133
Descrição	FORMATO C	HT	TOD	BOD	Bronze	Aluminio	Volume
		(mm)	(mm)	(mm)	Kg	Kg	l
CB&0380H0620&-SGF	CGF 200	620	380	260	262,5	84	35
CB&0435H0680&-SGF	CGF 300	680	435	290	352,5	112,8	47
CB&0440H0800&-SGF	CGF 400	800	440	290	510,0	163,2	68
CB&0440H0940&-SGF	CGF 500	940	440	290	562,5	180	75
CB&0560H0980&-SGF	CGF 800	980	560	360	937,5	300	125

Fuente: [www.morgamms.com](http://www.morgamms.com)

ANEXO 7. Tablas para diseño de ejes

<i>Condiciones de carga</i>	<i>Esfuerzo cortante de cálculo (sin cuñero)</i>	<i>Esfuerzo cortante de cálculo (con cuñero)</i>
<i>Flechas sometidas a flexión y torsión</i>	$\tau_{cal} = 0.30 \times \sigma_f$	$\tau_{cal} = 0.225 \times \sigma_f$
	$\tau_{cal} = 0.18 \times \sigma_{max}$	$\tau_{cal} = 0.135 \times \sigma_{max}$
<i>Flechas sometidas a flexión</i>	$\tau_{cal} = 0.6 \times \sigma_f$	$\tau_{cal} = 0.45 \times \sigma_f$
	$\tau_{cal} = 0.36 \times \sigma_{max}$	$\tau_{cal} = 0.27 \times \sigma_{max}$

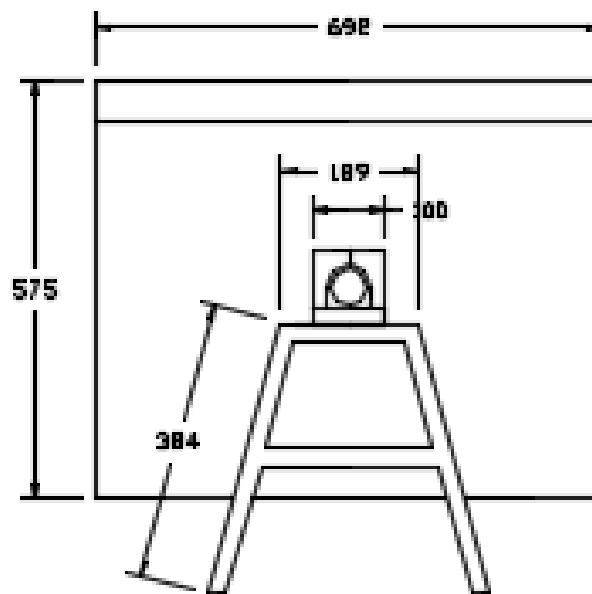
$\sigma_{max}$  = Resistencia máxima del material

$\sigma_f$  = resistencia a la fluencia del material

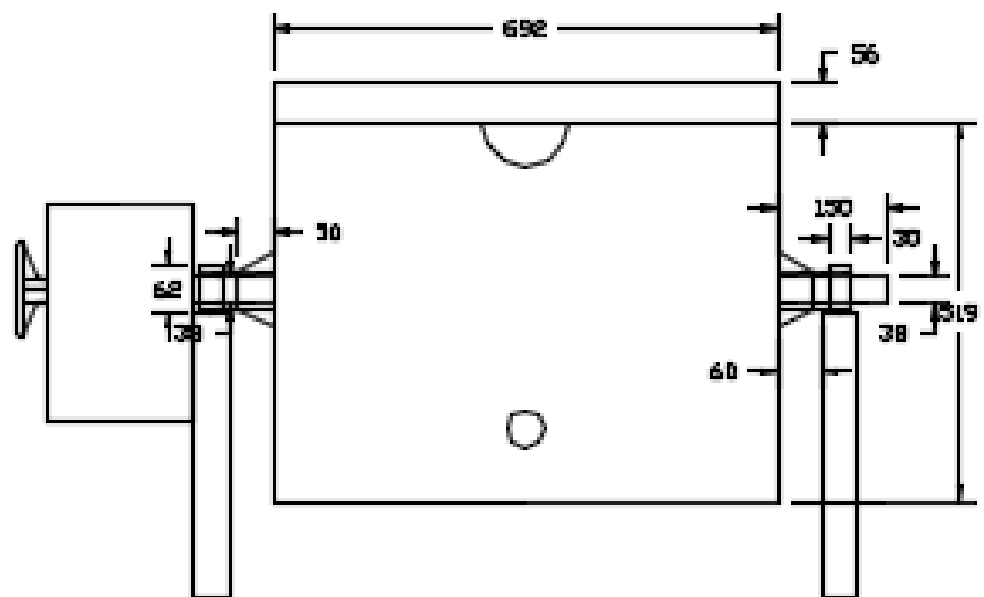
<i>Condiciones de carga</i>	<i>Factor de seguridad F.S</i>
<i>Cargas estables</i>	2.0
<i>Cargas con impacto moderado</i>	3.0
<i>Cargas con impacto fuerte</i>	4.0



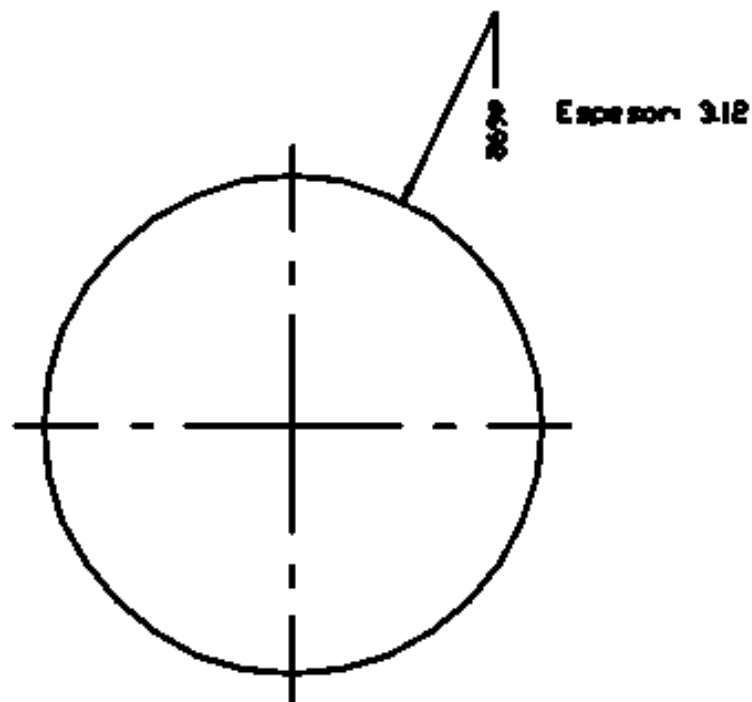
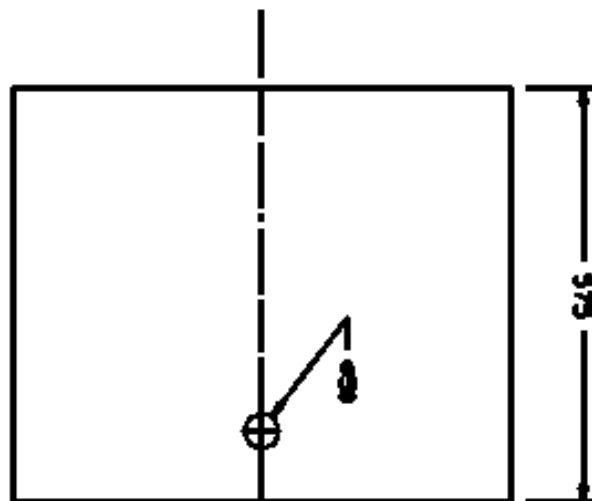
# PLANOS



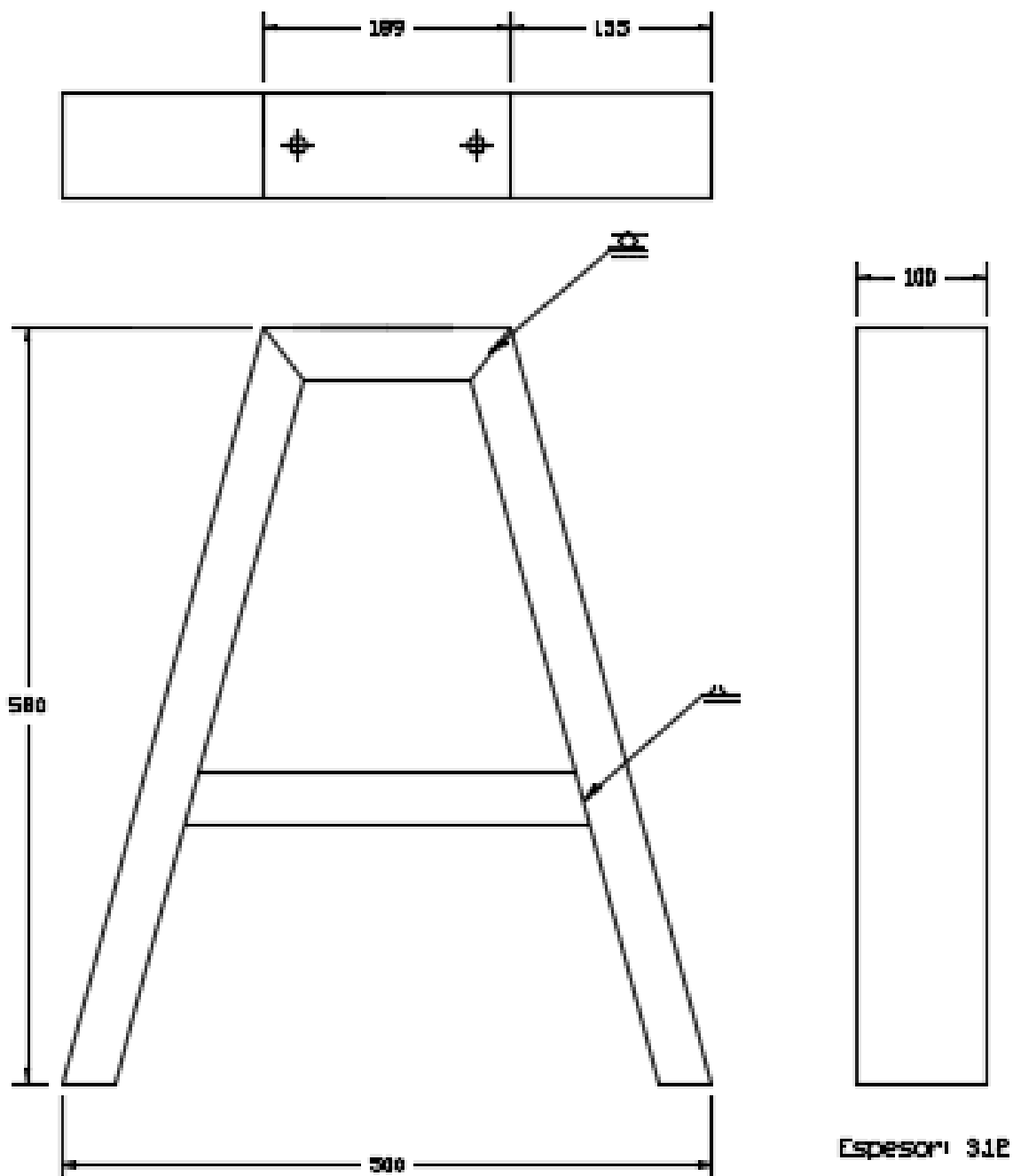
N°	Descripcion	Codigo	Material	Cantidad
1	Engranaje 1	PH8	ASTM 36	1
2	Engranaje 2	PH9	ASTM 36	1
Dibujado	Luis Alago	Lamina		Escala
Revisado	Ing.V.Cisneros	Conjunto		1:5
Aprobado		Vista Lateral		Lamina
				PL2



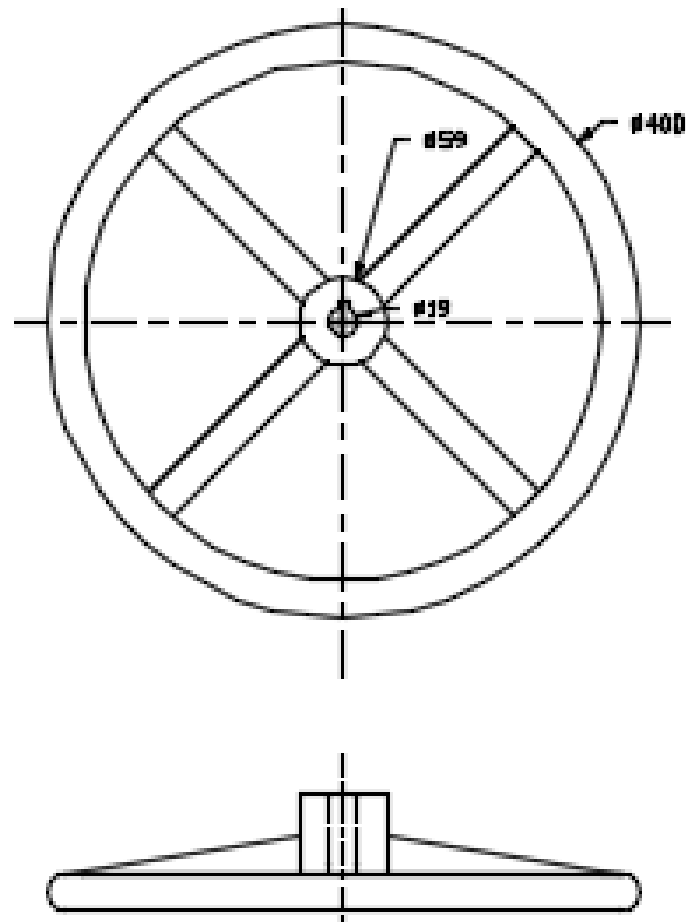
Nº	Descripción	Código	Materia	Cantidad
Dibujado	Luis Allaga	Linha: Conjunto		Escola 15
Revisado	Ing.V.Cisneros			
Aprovado		VISTA LATERAL		Linha PL3



N°	Descripcion	Codigo	Material	Cantidad
1	Ojo	SDA	ASTM 36	1
2				
Dibujado	Luis Allaga	Lamina		Escala
Revisado	Ing. V. Cisneros	Ojo		1:6
Aprobado		Sistema Ojo		Lamina
				PL4

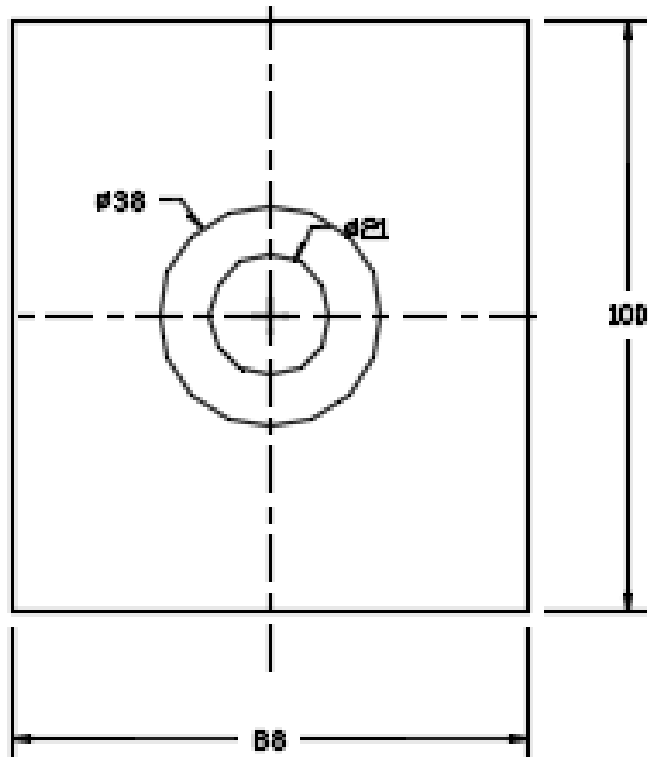
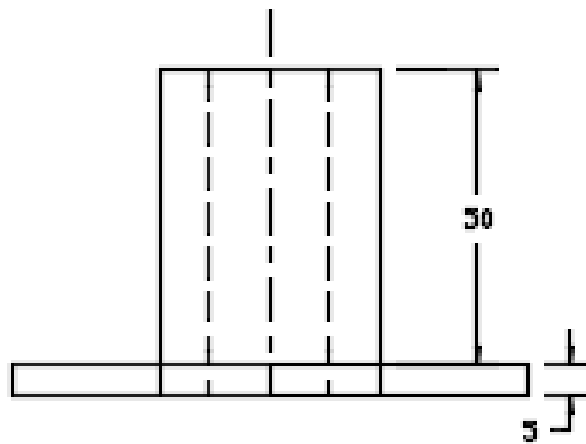


N°	Descripcion	Codigo	Materlal	Cantidad
1	Patas	SE1	ASTM 36	2
2				
Dibujado	Luis Alaga	Laminas		Escala
Revisado	Ing.V. Cisneros	Patas		1:6
Aprobado		SISTEMA ESTURCTURA METALICA		Laminas
				PL5

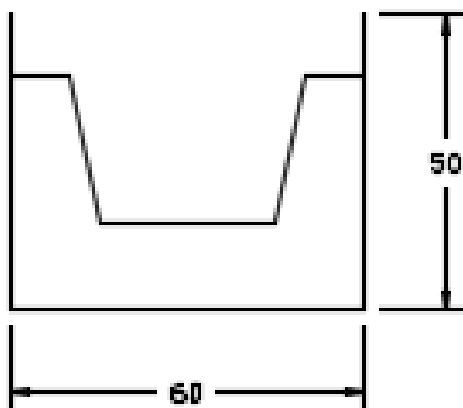
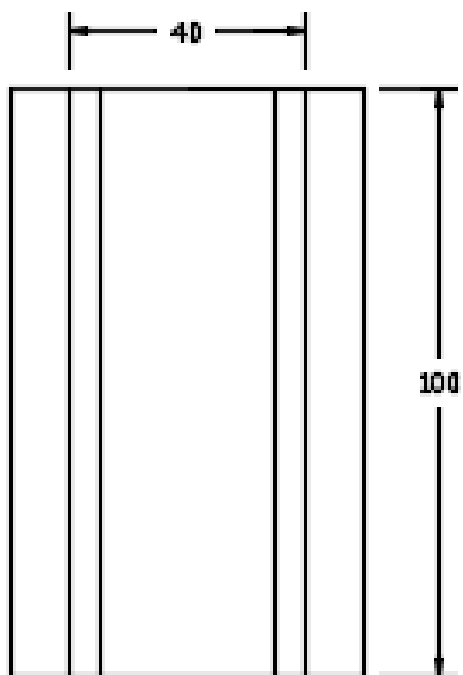


N°	Descripcion	Codigo	Material	Cantidad
1	Valante	SE2	Aluminio	1
2				
Dibujado	Luis Allaga	Lamina Valante		Escala 1:6
Revisado	Ing. V. Cisneros			
Aprobado		SISTEMA ESTRUCTURA		Lamina PL6

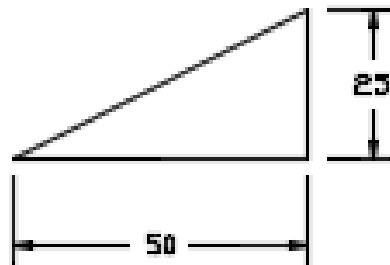




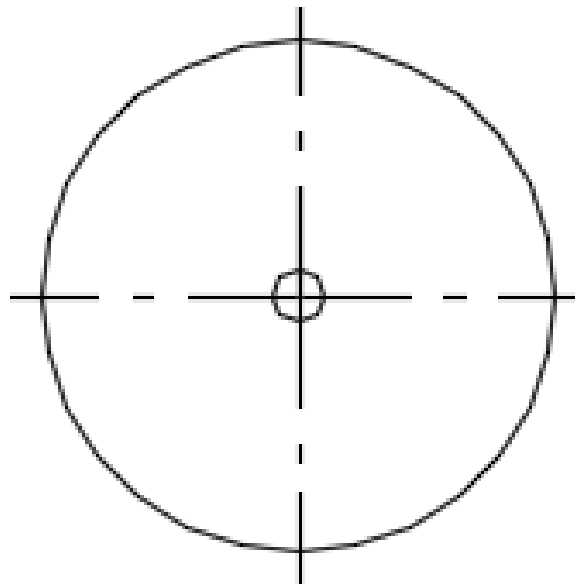
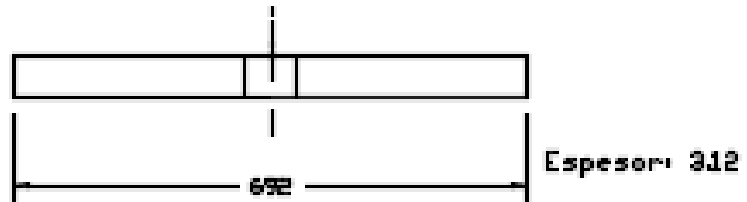
N°	Descripcion	Codigo	Materia	Cantidad
1	Buje	SE3	ASTM 36	2
2				
Dibujado	Luis Albiga	Lamina:		Escala
Revisado	Ing.V.Cisneros	Buje		1:1
Aprobado		SISTENA ESTRUCTURA METALICA		Lamina
				PL7



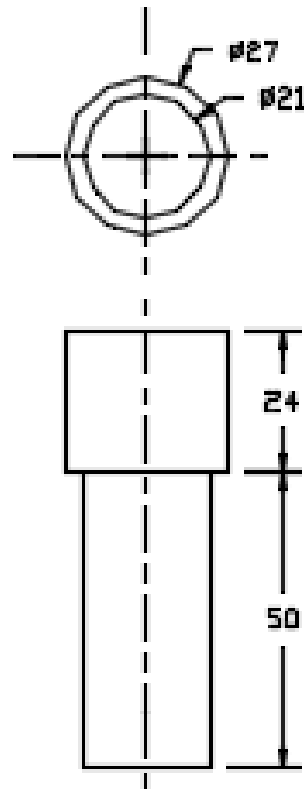
N°	Descripcion	Codigo	Material	Cantidad
1	Pico	SE4	ASTM 36	1
2				
Dibujado	Luis Alloga	Lamina: Tren de Engranajes		Escala: 1:1
Revisado	Ing.V.Cisneros			
Aprobado		SISTEMA OLLA		Lamina: PL8



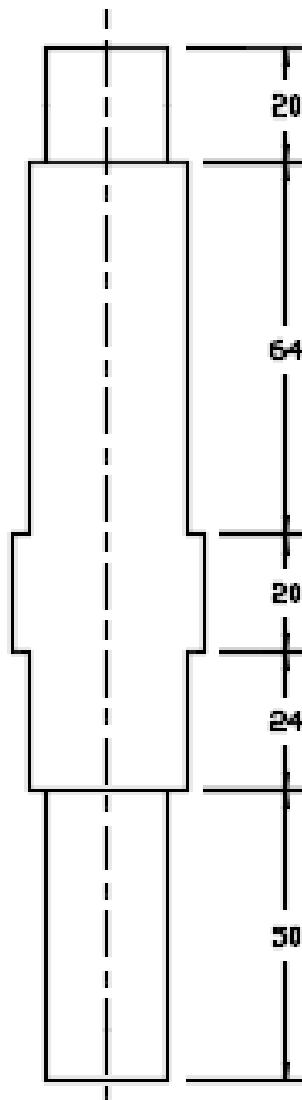
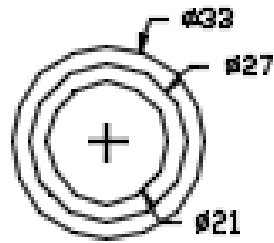
N°	Descripcion	Codigo	Material	Cantidad
1	Cuña	SES	ASTM 36	1
2				
Dibujado	Luis Alaga	Lamina: Cuña		Escala: 1:1
Revisado	Ing.V.Cisneros			
Aprobado		SISTEMA ESTRUCTURA METALICA		Lamina: PL9



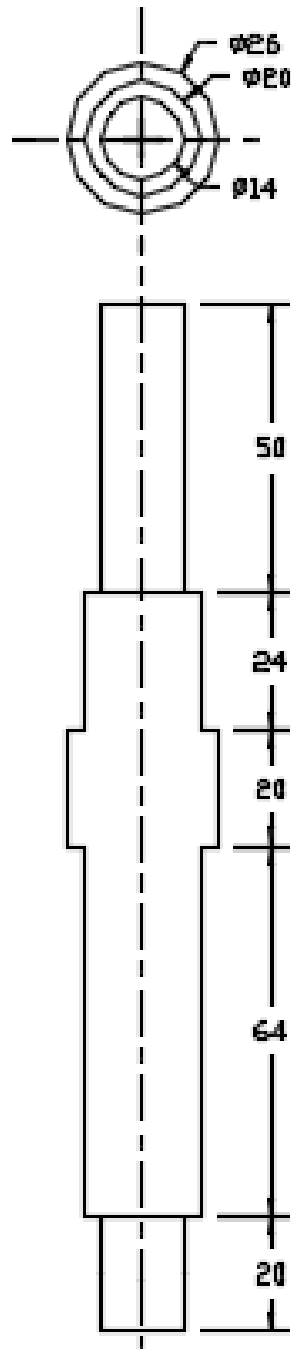
N°	Descripcion	Codigo	Material	Cantidad
1	Engranaje 1	SD2	ASTM 36	1
2				
Dibujado	Luis Allaga	Linha		Escala
Revisado	Ing.V.Cisneros	Tapa alla		1:6
Aprobado		SISTEMA OLLA		Linha
				PL10



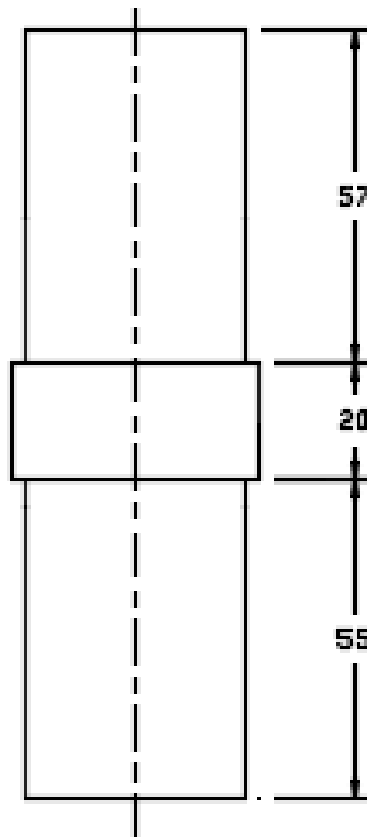
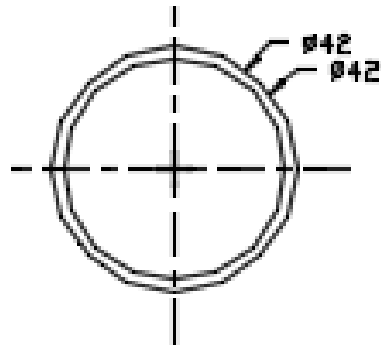
N°	Descripcion	Codigo	Material	Cantidad
1	Buje	SE3	ASTM 36	2
2				
Dibujado	Luis Allaga	Laminas		Escala
Revisado	Ing.V.Cisneros	Buje		1/1
Aprobado		SISTEMA ESTRUCTURA METALICA		Lamina
				PL11



N°	Descripcion	Codigo	Material	Cantidad
1	Pico	SE4	ASTM 36	1
2				
Dibujado	Luis Allaga	Lamina		Escala
Revisado	Ing.V.Cisneros	Tren de Engranajes		10
Aprobado		SISTEMA OLLA		Lamina
				FL12



N°	Descripcion	Codigo	Material	Cantidad
1	Cuffa	SE5	ASTM 36	1
2				
Dibujado	Luis Alaga	Lamina		Escala
Revisado	Ing.V.Cisneros	Cuffa		10
Aprobado		SISTEMA ESTRUCTURA METALICA		Lamina
				FL13



N°	Descripcion	Codigo	Material	Cantidad
1	Eje	SE6	ASTM 36	1
2				
Dibujado	Luis Alago	Lamina Eje		Escala 1:1
Revisado	Ing. V. Cisneros			
Aprobado		SISTEMA ESTRUCTURA		Lamina PL14