



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**REINGENIERIA A UN CARGADOR TIPO PALA  
PARA HORNO CONTINUO DE VIDRIO DE 10  
TONELADAS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**PAULINO RAYÓN RAMÍREZ**

**ASESOR: M.I. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO.**

**2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos La Tesis:

"REINGENIERÍA A UN CARGADOR TIPO PALA PARA HORNO CONTINUO DE VIDRIO DE 10 TONELADAS"

Quo presenta el pasante: PAULINO RAYÓN RAMÍREZ

Con número de cuenta: 40600669-3 para obtener el Título de: Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 05 de junio de 2015.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Enrique Cortes González	
VOCAL	M. en I. Felipa Díaz del Castillo Rodríguez	
SECRETARIO	M. en I. Humberto Nori Mondragón	
1er SUPLENTE	Ing. Facundo Reyes Carranza	
2do SUPLENTE	Ing. José Armando González Urbina	

NOTA: Los prodoles suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 247).

En caso de que algún miembro del Jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.

[A+ 127 RUP]

-HA/vc

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres, por su apoyo incondicional durante todos estos años .Gracias por mantenerme en el camino correcto y prepararme ante la vida. Gracias por el sacrificio que hicieron para que no me faltase nada, me hace sentir muy afortunado. Ambos son muy maravillosos y los quiero mucho.*

*A mis profesores, por su vocación de enseñanza y de quienes aprendí muchas cosas.*

*Al M.I. Felipe Días del Castillo Rodríguez por su gran apoyo y orientación del presente trabajo.*

## INDICE

OBJETIVO .....	6
----------------	---

JUSIFICACIÓN .....	7
--------------------	---

### CAPITULO 1.

INTRODUCCIÓN.....	8
-------------------	---

### CAPITULO 2.

#### FUNDAMENTOS TEORICOS DEL PROYECTO

2.1 Reingeniería.....	9
2.2 Conceptos básicos.....	10
2.3 Proceso de fabricación de envases de vidrio.....	12
2.4 Tipos de hornos .....	17
2.5 Tipos de Maquinas de carga para horno de materia prima.....	19
2.6 Mecanismo de cuatro barras.....	21
2.7 Recipientes a presión .....	25

### CAPITULO 3.

#### DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

3.1 Reingeniería del Sistema .....	27
3.2 Diagrama del Flujo del Proceso.....	29

### CAPITULO 4.

#### DESARROLLO DE LAS APLICACIONES

4.1 Especificaciones Técnicas	
4.1.1 Diseño del mecanismo articulado.....	31
4.1.2 Diseño de camisa.....	39
4.1.3 Dibujos de conjunto y de detalle .....	43
4.1.4 Partes.....	44
4.2 Especificaciones Económicas.....	48
4.3 Especificaciones de Control y Seguimiento .....	49

**CAPITULO 5.**  
**CONCLUSIONES**

5.1 Conclusiones Técnicas .....	52
5.2 Conclusiones Económicas .....	52
5.3 Conclusiones Personales .....	53
BIBLIOGRAFIA.....	54
GLOSARIO .....	55

## **OBJETIVO**

Reingeniería a un cargador tipo pala con dimensiones menores en referencia al cargador actual, para brindar una solución viable en su adecuado funcionamiento en un horno tipo continuo de vidrio de 10 toneladas a través del desarrollo conceptual estructural.

## JUSTIFICACIÓN

Una parte importante en el proceso de fabricación de vidrio es el abastecimiento de materia prima dentro del horno para su fundición. Es necesario que todo el tiempo se mantenga suministrando materia, ya que de eso depende que el proceso se mantenga continuo, evitando fluctuaciones en el nivel de vidrio del horno y con ello provocando problemas en la producción del mismo.

Actualmente el sistema de cargado de materia prima es uno tipo cañón. En general se describe como un carro de deslizamiento motorizado, acoplado a un tubo cuyo interior contiene un gusano que hace girar para descargar el material, abriendo y cerrando una tapa (tijera de elevación) en la boca del horno. Al caer la materia ésta genera polvo que se volatiza además de que este último requiere de un espacio amplio para su operación. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede asegurar que el diseño del nuevo cargador ayudará en la optimización de carga sobre la superficie de fusión evitando al mismo tiempo una caída y consecuentemente una reducción significativa en la generación de polvo.

Por otro lado, el diseño del cargador permite un sello perfecto entre la boca del horno y el cargador de materia prima, reduciendo así las pérdidas de energía.



# CAPITULO 1

## INTRODUCCIÓN

En la fabricación de envases de vidrio para las diferentes industrias de vinos, licores, alimentos cosméticos y farmacéuticos, se requiere control de todos los aspectos del proceso comenzando con las materias primas y terminando en el extremo frío.

Un sistema de alimentación de materia prima hacia el horno (una vez preparada la materia prima) comprende de ciertos elementos, el primero de ellos es la olla o tolva donde se deposita la materia prima, al ir consumiendo la misma materia por demanda del vidrio, baja a un segundo elemento llamado hidramix cuya función es de alimentar al último elemento donde se encarga de empujar la materia, llamado cargador. El cargador como tal es dependiente del hidramix ya que este es al que se le envía la señal de nivel alto o bajo de vidrio.

En la actualidad la ayuda de herramientas de software en el apoyo de diseño y simulación de procesos en los sistemas mecánicos son el fin de obtener mejores máquinas que respondan a los requerimientos necesarios, lleva a ser necesaria la utilización de un programa de Diseño como Inventor para el desarrollo del proyecto además de simulaciones requeridas en los elementos del prototipo.

También hay que mencionar que para una adecuada planeación, ejecución y seguimiento del proyecto se utilizará MS Project.

El presente trabajo con opción a titulación parte del conocimiento adquirido durante la carrera y la utilización de herramientas utilizada en el diplomado Administración y Aplicación de Tecnologías de Diseños en proyectos.

## **CAPITULO 2**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PROYECTO**

#### **2.1 Reingeniería**

La Reingeniería de Procesos es entendida a partir de una revisión de los procesos de negocios, aportando soluciones para alcanzar mejoras en costos, calidad, servicio y rapidez. Siendo una herramienta importante para el crecimiento y ordenamiento, de una organización.

La reingeniería plantea, reformular y rehacer las actividades y procesos de una empresa a partir de una manera radical y contundente con la visión de ver el objetivo que se está buscando con el cambio.

Se aplican cinco etapas para una reingeniería rápida, ideado para producir resultados en corto tiempo:

- a) Preparación. En esta primera etapa se requiere definir las metas y los objetivos estratégicos que justifiquen la reingeniería, formando equipos de trabajo calificados acordando una metodología de trabajo y el plan de tareas.
- b) Identificación. Es identificar los procesos clave de negocios, siendo aquellos que agregan valor. En esta etapa se analiza la estrategia y el plan de negocios de la empresa. Lo que permitirá medir las mejoras después de la aplicación de la reingeniería.
- c) Visión. Su objetivo es brindar una visión del proceso capaz de producir un avance decisivo en el rendimiento, atendiendo el impacto sobre el sector, los procesos a ser rediseñados y el orden de la prioridad de la tarea.
- d) Solución. Se produce un diseño o rediseño técnico de los procesos seleccionados definiendo los requerimientos en materia de personal y soporte informático.
- e) Transformación. Aprobado el diseño selección se procede a su implementación y la medición de resultados.

## 2.2 Conceptos Básicos

Hoy en día el vidrio forma parte en cualquier sociedad teniendo una participación trascendental en el desarrollo de la tecnología. Cotidianamente se observa como algo frágil, transparente, en formas y colores inimaginables.



*Figura 1. Envases de vidrio*

La aparición de los primeros objetos de vidrio creados artificialmente, no ha podido situarse ni geográficamente ni cronológicamente. El descubrimiento del fuego le dio conocimiento al hombre para acceder a las altas temperaturas, permitiéndole incursionar en la alfarería, la metalurgia y la vidriería. Y es muy probable que, como consecuencia de una de las primeras se obtuviera el primer vidrio de una forma puramente casual.

De la palabra latín *vitrium*, el vidrio como tal posee especiales características estructurales entre la de los sólidos cristalinos y la de los líquidos, de esta forma el concepto es un tanto complejo, debido a que, sus propiedades no cumplen con ciertos requerimientos para ser considerado en los 3 estados de agregación de la materia.

Se puede definir: *como un material que presenta un intervalo térmico de transición continuo entre su estado rígido y su estado fundido, el cual se puede recorrer reversiblemente en ambos sentidos sin que se produzca ningún cambio de fase.*

Es un producto rígido, de dureza media, pero muy frágil, que puede ser incoloro y opalescente. Sin embargo dado los altos contenidos de fierro que hay en los yacimientos de arena sílice, el color que adquiere es verdoso.

Las materias primas utilizadas para la fabricación del vidrio pueden considerarse como el grupo de sustancias orgánicas, productos químicos y material reciclado.

Con el avance en las técnicas de fabricación de vidrio se ha transformado para conseguir procesos de fabricación más acelerados, consiguiendo elaborar diferentes compuestos para ser combinados con materiales brutos y así conseguir un cambio en las propiedades físicas y químicas, obteniendo una amplia gama de vidrio para diversas aplicaciones.

Su clasificación, según su origen:

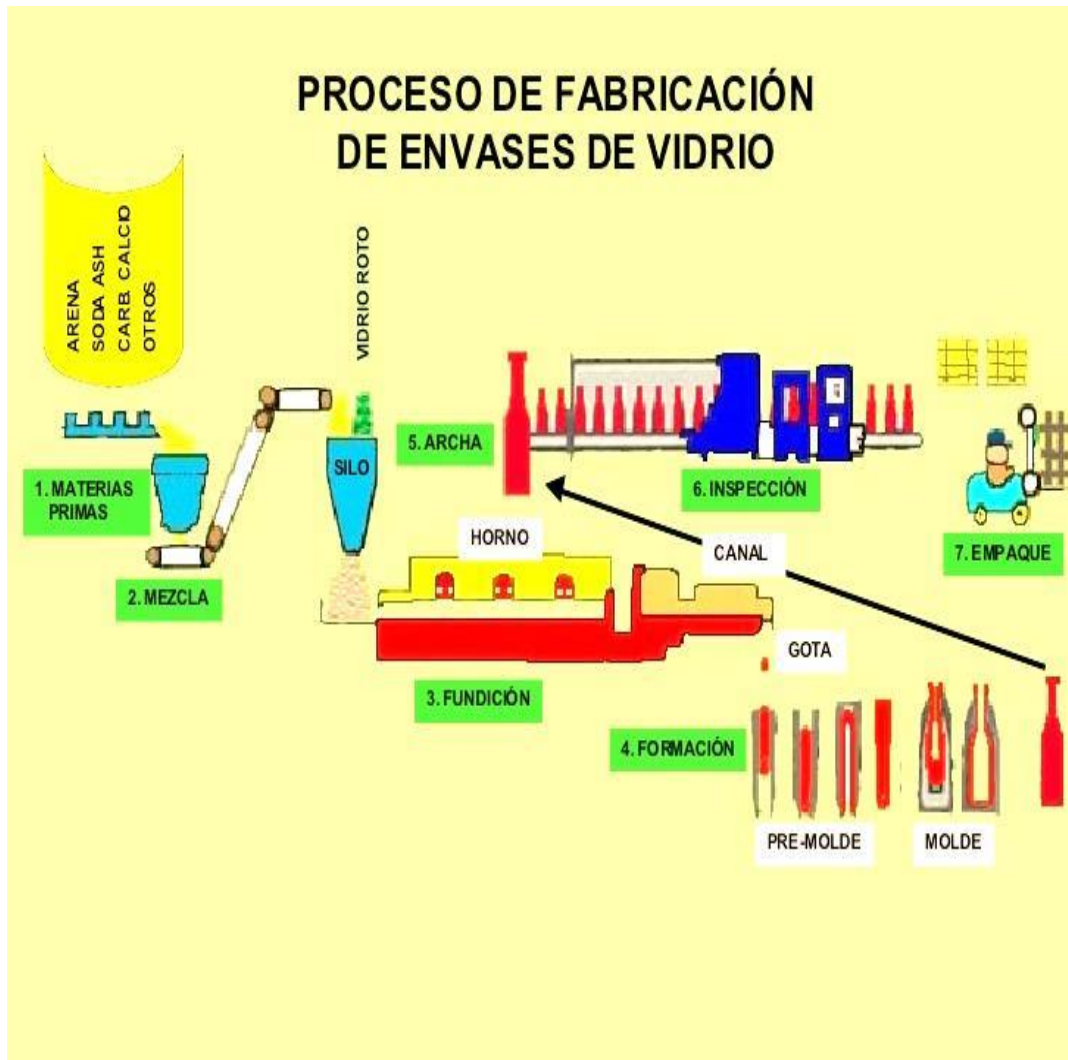
- a) Materias primas de origen mineral: arena, feldespatos, caliza, dolomita, etc.
- b) Materias primas provistas por la industria química: carbonato de sodio, bórax, colorantes, decolorantes, etc.

Su clasificación de acuerdo a la cantidad o proporción en que se dosifican en la preparación de la mezcla, se simplifica en la tabla 1:

**Tabla 1. Principales materias primas que son utilizadas para producir vidrio y su principal función.**

INGREDIENTES MAYORES	INGREDIENTES MENORES	
<p><i>Formadores de red</i></p> <p>Arena sílice Bórax anhidro</p>	<p><i>Afinante</i></p> <p>Sulfato de sodio anhidro</p>	<p>colorantes Oxido de erbio Selenio</p>
<p><i>ESTABILIZADORES DE RED</i></p> <p>Carbonato de calcio Carbonato de bario Dolomita Óxido de zinc</p>	<p><i>REDUCTORES</i></p> <p>Trióxido de arsénico Carbón</p>	<p>Oxido de cobalto Oxido cúprico Oxido d neodimio</p> <p>Cromita Dicromato de potasio Oxido de fierro</p>
<p><i>Modificadores de red (fundentes)</i></p> <p>Bórax anhidro Carbonato de sodio Carbonato de potasio</p>	<p><i>oxidantes</i></p> <p>Nitrato de potasio Nitrato de sodio</p>	<p>Bióxido de manganeso</p> <p>Dióxido de cerio Dióxido de titanio</p>
<p><i>Fuentes de aluminio</i></p> <p>Alúmina calcinada Feldespatos</p>	<p><i>Opacificantes</i></p> <p>Silico fluoruro de sodio</p>	<p>Oxido de níquel</p>
<p><i>Vidrio foráneo (cullet)</i></p>		

## 2.3 Proceso de fabricación de envases de vidrio



*Figura 2. Proceso de fabricación de envases de vidrio: comprende la introducción de materias primas, estas se funden en un horno a 1500°C y avanza hacia la zona de enfriamiento donde se acondiciona para la distribución en los moldes para su forma final*

La materia prima llega a la planta y esta se almacena en unos silos (Figura 3) de acuerdo a los tipos de componentes. Dependiendo del vidrio que se llegue a producir, según la receta indicada y a un pesaje correcto. Las materias primas se envían a la mezcladora. Aquí son dosificadas y combinadas con vidrio reciclado (facilita la fusión) con la finalidad de lograr una mezcla homogénea. De aquí es trasladada por bandas transportadoras a un sistema de almacenamiento (silo) de carga antes de ser alimentada al horno.



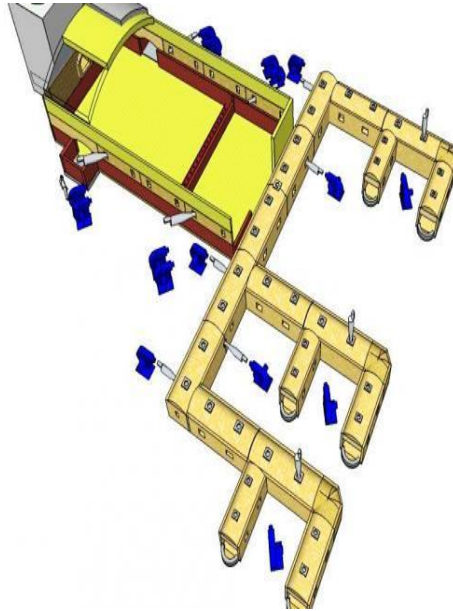
***Figura 3. Silo de almacenamiento y transporte de materia prima. De esta forma la alimentación de estas materias al inicio de la línea de producción puede realizarse de forma continua y exacta.***

Esta carga entra al horno de fundición (Figura 4) por el cargador fundiéndose a una temperatura de aproximadamente entre 2700 y 2900° F (1500 a 1600° C). El tiempo de residencia para una carga típica toma de 24 a 48 horas. Este tiempo es el necesario para que todos los granos de arena se conviertan en un líquido claro y alcance un refinamiento adecuado enfriándose a una temperatura apropiada de trabajado.



Posteriormente, pasa al alimentador (forehearths) donde se acondiciona el vidrio (Figura 5). ***Figura 4. Fundición de vidrio. Interior de Horno (1535° C***  
 5). Esta sección es de suma importancia para la formación de carga ya que aquí se ***aproximadamente) con materia prima observable en proceso de fundición.***

controla la temperatura del vidrio a medida que fluye. Al continuar llega al dosificador que se encargara de la formación de la gota con el peso correcto y la forma deseada que posteriormente será cortada por un mecanismo de cuchillas (Figura 6).

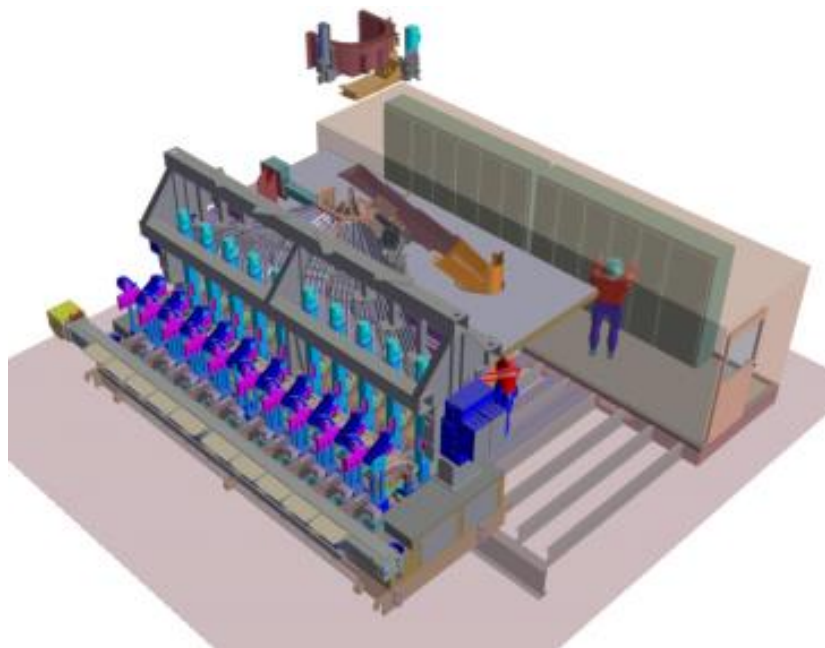


*Figura 5. Sección de Acondicionamiento de vidrio donde continúa la corriente de vidrio*

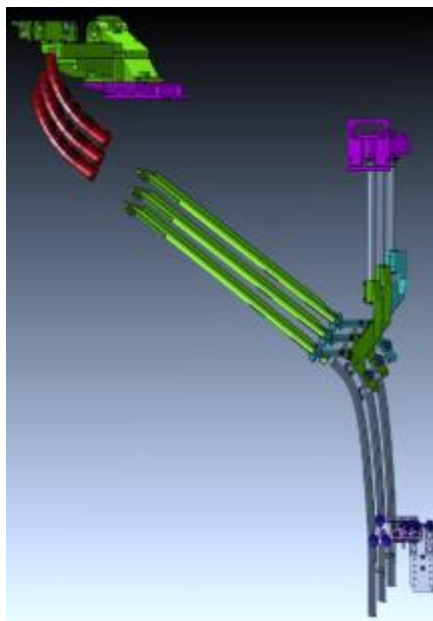


*Figura 6. Dosificador. Caída de 3velas para pasar a la etapa de formado.*

Esta se desliza sobre una canal (Figura 7) y se entrega a la máquina I.S.<sup>1</sup> para cada sección (Figura 8).



*Figura 7. Máquina I.S. o Máquina Formadora de Envases de Vidrio*



*Figura 8. Entrega de vidrio donde se desliza la secciones de vidrio para depositarse en los moldes.*

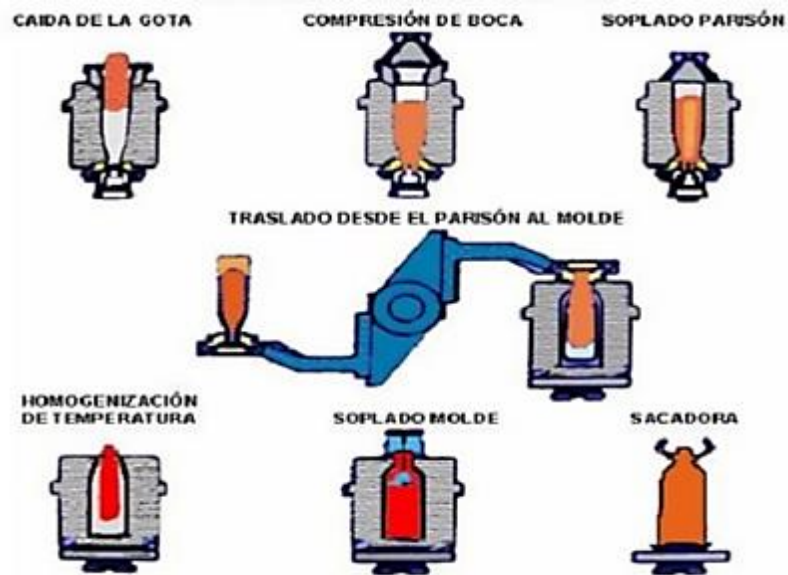
---

<sup>1</sup> I.S. Máquinas de secciones independientes

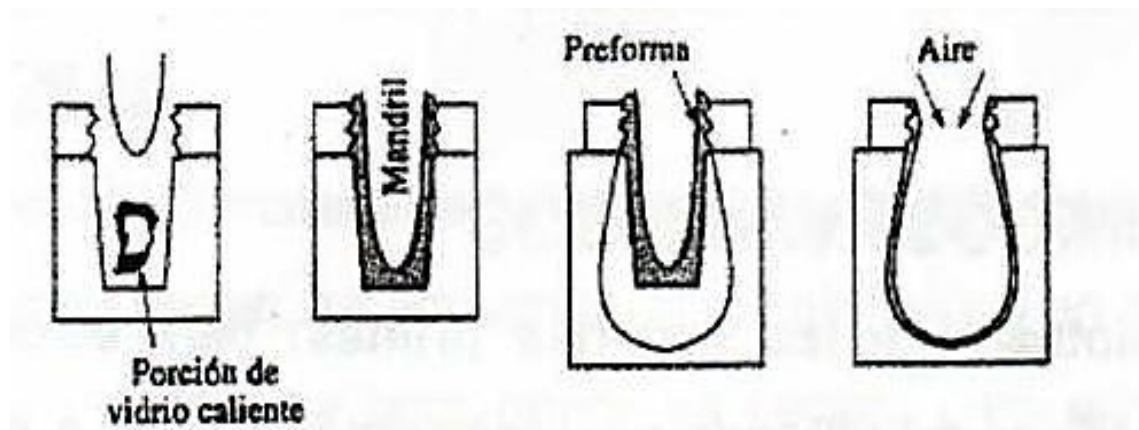


Posteriormente a la etapa de formado, existen dos procesos: sople-soplo y prensa-soplo. En el primero (Figura 9), después de lograr el depósito de la gota en el bombillo invertido, se cubre el molde y se sopla parcialmente la pieza, posteriormente se reorienta la pieza parcialmente formada y se transfiere al segundo molde de soplado y se sopla para el formado final.

El método de prensa-soplo (Figura 10). Una vez alimentado un corte de vidrio se coloca en un pre molde que prensa el vidrio con un vástago, la pieza parcialmente formada se traslada a un molde de soplado final donde se le aplicara aire comprimido para llenar la cavidad del molde.



*Figura 9. Diagrama funcional de la máquina IS proceso sople-soplo*



*Figura 10. Diagrama funcional de la máquina IS proceso prensa-soplo*

## 2.4 Tipos de hornos

Se entiende que un horno es un reactor donde transcurre la formación del vidrio a altas temperaturas. De acuerdo a su funcionamiento se clasifican en hornos de trabajo intermitente y continuo.

### Hornos de día o intermitentes.

Su nombre hace referencia a su funcionamiento en régimen intermitente de periodicidad. Siendo una versión mejorada de los hornos de crisoles. Son de reducidas dimensiones y de capacidad inferior a 5 toneladas. Su uso está limitado a pequeñas producciones de fabricación manual. Estos tienen la ventaja de alcanzar temperaturas superiores que los hornos de crisol (Figura 11).



*Figura 11. Drenado de Horno intermitente sobre agua donde se solidifica y una vez listo el horno se reutilizara este vidrio o cullet para su producción.*

### Hornos de crisol (Desde el punto de vista de capacidad de producción):

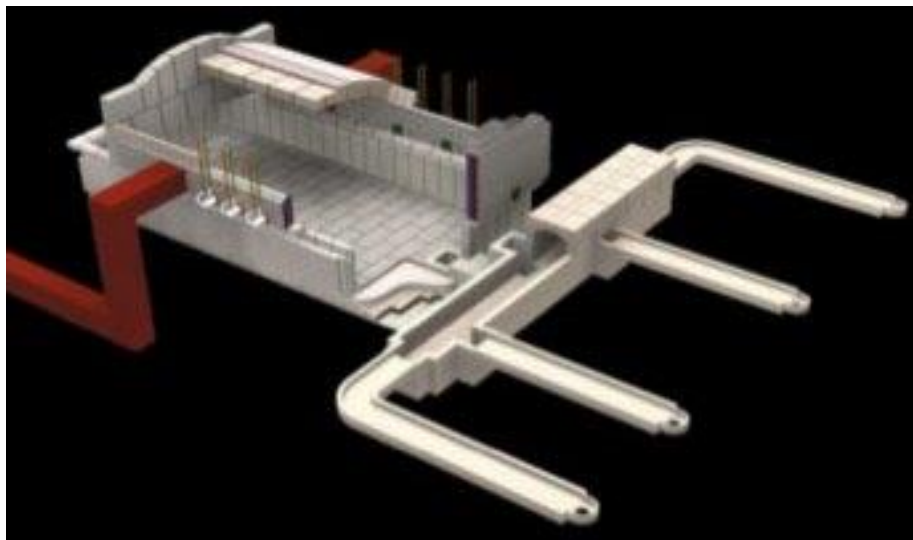
Son estructuras construidas de material refractario tiene un procesos discontinuo que requiere un tiempo desde que se realiza la cargas hasta que el vidrio fundido se halla en condiciones para poder utilizarlo. Ya que comprende ciertas etapas de fusión, afinado, acondicionamiento y conformación. Los crisoles utilizados normalmente tienen una capacidad entre 100 y 600 litros (Figura 12).



*Figura 12. Vaciado de Horno de crisol*

### **Horno de tanque o continuo.**

Este tipo de horno está presente donde se requiera una producción continua de vidrio para la alimentación de la máquinas automáticas (I.S.) o semiautomáticas. Cuya capacidad oscila entre 10 y 2000 toneladas de vidrio. Teniendo en cuenta diferentes diseños de hornos, en cuanto a capacidad, en su tipo de regeneración térmica, son clasificados en mayor medida en la posición de quemadores u hornos de fuego directo, estos no poseen regeneradores, se encuentran: hornos de quemadores transversales, hornos de quemadores longitudinales y los hornos en forma de herradura. Los mayormente utilizados son los *unid melter* que tienen sus quemadores a sus lados y trabajan con aire y los *oxi-fuel* que operan con oxígeno (Figura 13).



*Figura 13. Horno Continuo oxi-fuel. Se aprecia el tanque con sus quemadores y la sección del distribuidor.*

En cuanto a los hornos regenerativos que tiene la función de que los gases de emisión atraviesan una cámara con bloques refractarios calentando a los mismos. Cada cámara regenerativa trabaja cada 20 o 30 minutos en su recalentamiento y otro tiempo igual para precalentar el aire. Se dividen a su vez en:

- a) **Hornos regenerativos Endport.** Se les conoce así ya que los puertos por donde ingresa el aire y el combustible, éstos se encuentran en la pared trasera del horno donde también se encuentran los regeneradores con la diferencia que la flama viajara en forma de U recorriendo toda la superficie del vidrio.
- b) **Hornos regenerativos Sideport.** Trabajan con los puertos a los lados en las partes laterales de del horno.

## 2.5 Tipos de máquinas de carga para horno de materia prima

Existen ciertos requerimientos que se deben de cubrir en el proceso de fusión dentro del horno y que incluyen de manera primordial la entrada de materia al horno. Influyendo de manera significativa en la velocidad de fundición del vidrio, calidad de vidrio y en la vida del horno.

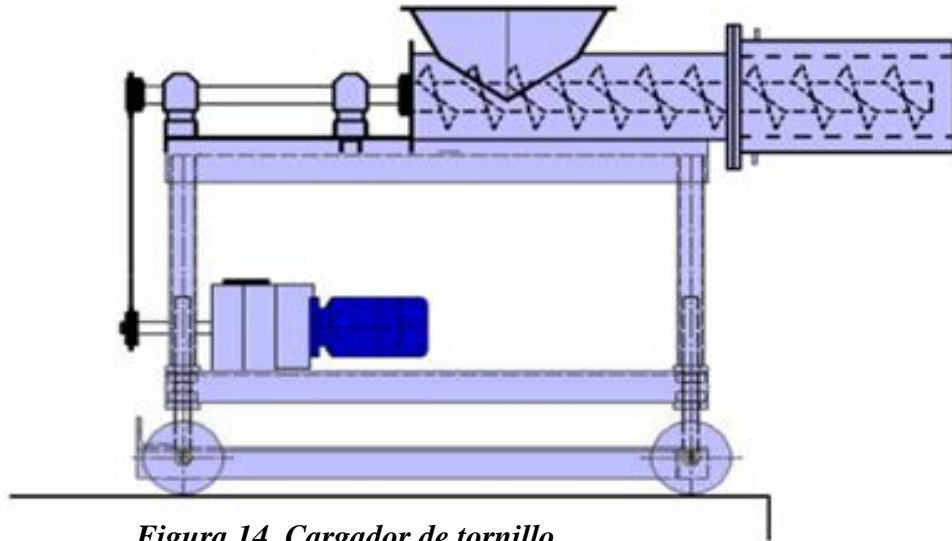
Hoy en día, existen un gran número de diferentes cargadores que cumplen los requerimientos necesarios para un adecuado proceso de fundición. Algunos de los mayormente utilizados en la industria, se citan a continuación.

### a) **Cargador de tornillo o de cañón**

Este tipo de mecanismo se comprende un tornillo mecánico que se encuentra alojado dentro de un cilindro, que se inserta a través de una abertura en la pared lateral del horno. Su funcionamiento es simple, el batch cae por gravedad sobre un embudo que llega uniformemente sobre el tornillo. Una vez realizado lo anterior, se desplaza hacia la compuerta del boquete este se abre para que el cargador entre y descargue la mezcla a través del movimiento del tornillo. El tubo de inserción es enfriado directamente por agua. Su construcción no requiere de una perrera (*dog house*<sup>2</sup>). Sin embargo, tienen desventajas tales como el control de la forma o tamaño de las pilas de descarga, y su respectivo movimiento, además de un desgaste que ocurre en el tornillo y tubo de enfriamiento (Figura 14).

---

<sup>2</sup> Es una extensión del fusor o tanque, que sobresale de la pared trasera del horno, también conocida como perrera .



*Figura 14. Cargador de tornillo*

**b) Cargador tipo pistón**

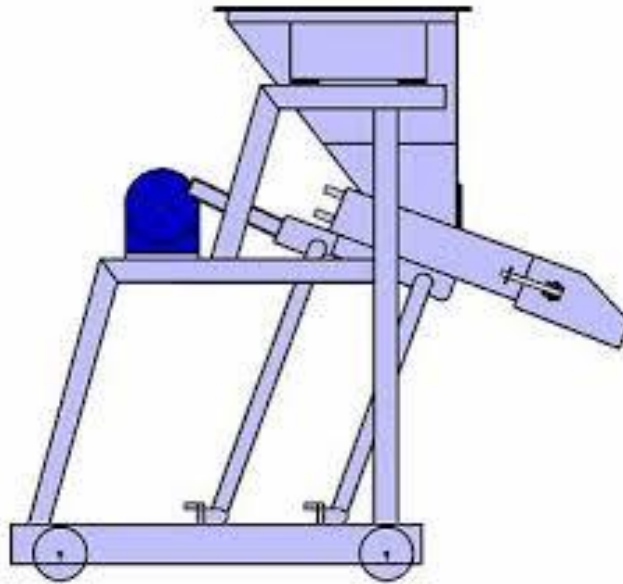
Es similar al cargador de tornillo, consiste en una base de montaje fijo y una estructura superior móvil con una tolva de alimentación, pero el tornillo se sustituye por un pistón de accionamiento hidráulico que presiona la materia y solo es aplicable con cargas muy finas (Figura 15).



*Figura 15. Cargador tipo pistón.*

### c) Cargador tipo capa

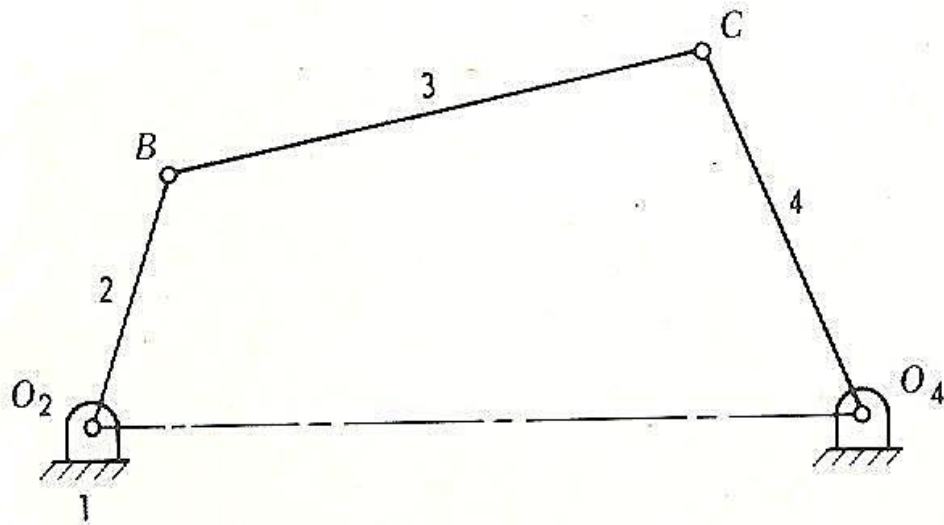
Este requiere de una perrera de gran tamaño, su base en una bandeja inclinada situada por debajo de la salida de la tolva de la mezcla. Su operación consiste en que se mueve hacia atrás y hacia delante. Existen hornos que se cargan en la parte trasera, por ello se puede instalar varios cargadores uno junto a otro (Figura 16).



*Figura 16. Cargador tipo capa*

### 2.6 Mecanismo de cuatro barras

Un mecanismo es una unión de cuerpos sólidos unidos entre sí por medio de articulaciones móviles para formar una cadena cinemática cerrada con un eslabón fijo cuya finalidad es transformar el movimiento. Un eslabón o barra es la pieza de un mecanismo. Estos se deben de conectar en entre sí para generar el movimiento desde un eslabón motriz. El mecanismo de 4 barras contiene una barra fija y otros tres eslabones móviles.



**Figura 17. Mecanismo de cuatro barras**

### **Movilidad**

Algo importante en el análisis de un mecanismo son los grados de libertad, esto con el objetivo de conocer alguna posición en particular, se sabrá a partir de un recuento del número de eslabones, la cantidad y tipos de articulaciones que incluyen.

Para determinar los grados de libertad (en mecanismos planos) se utiliza la expresión de Gruebler:

$$M = 3(n - 1) - 2j_1 - j_2 \dots \dots (2.1)$$

Dónde:

- M: grados de libertad.
- n: número de elementos (eslabones, barras, piezas, etc.) de un mecanismo.
- j<sub>1</sub>: número de uniones de 1 grado de libertad.
- j<sub>2</sub>: número de uniones de 2 grado de libertad.

Las condiciones que debe cumplir, para que al menos un eslabón pueda girar vueltas completas, es que la suma de las longitudes del eslabón de mayor longitud más la del eslabón de menor longitud debe ser menor que la suma de las longitudes de los eslabones de longitudes intermedias.

### **Mecanismos de la Clase I.**

Pertenecen a esta clase, todos los mecanismos de cuatro barras que satisfacen la condición:

$$L+s \leq p+q \quad \dots(2.2)$$

Dónde:

L es la longitud del eslabón más largo.

s es la longitud del eslabón más corto.

p, q son las longitudes de los eslabones intermedios.

Dentro de esta clase, I, los mecanismos se subclasifican en:

- Si el eslabón más corto “s” es el conductor o el conducido el mecanismo es rotatorio oscilatorio, donde el eslabón capaz de rotar es el más cortó.
- Si el eslabón más corto es el fijo, el mecanismo es doble rotatorio.
- En cualquier otra situación el mecanismo es doble-oscilatorio, pero el eslabón acoplador puede rotar 360° respecto a ambos, el eslabón de entrada y el eslabón de salida.

### **Mecanismos de la clase II.**

Pertenecen a esta clase, todos los mecanismos de cuatro barras que satisfacen la condición

$$L+s > p+q. \quad (2.3)$$

Todos los mecanismos de la clase II son doble oscilatorios, ninguno de los eslabones puede rotar 360°.

### **Análisis de posición**

Se puede obtener una ecuación para el ángulo de transmisión aplicando la ley de los cosenos a los triángulos A O<sub>2</sub> O<sub>4</sub> y A B O<sub>4</sub> de la figura 18, en la forma siguiente:

$$z^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos\theta_2 \quad (2.4)$$



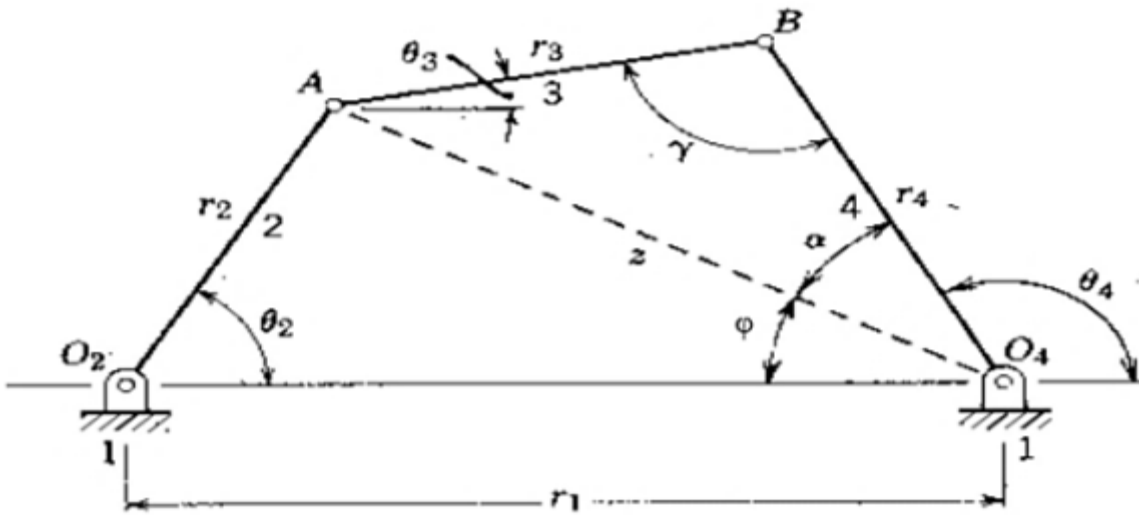
Y también:

$$z^2 = r_3^2 + r_4^2 - 2r_3r_4\cos\gamma \quad (2.5)$$

Por tanto,

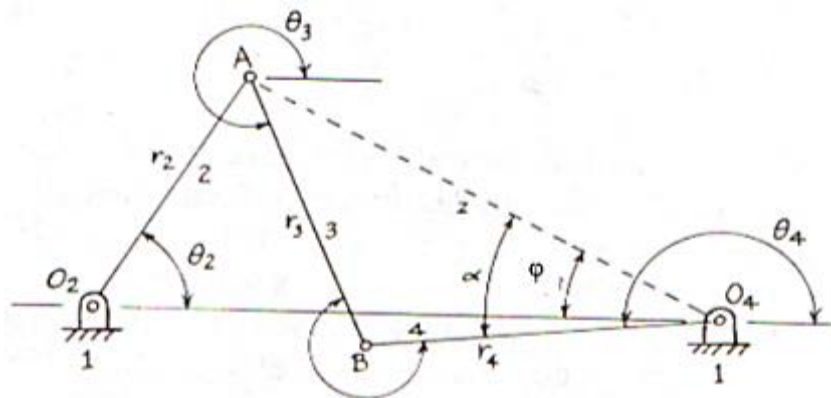
$$r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos\theta_2 = r_3^2 + r_4^2 - 2r_3r_4\cos\gamma \quad (2.6)$$

$$\gamma = \cos^{-1} \left[ \frac{z^2 - r_3^2 - r_4^2}{-2r_3r_4} \right] \quad (2.7)$$



**Figura 18. Mecanismo de cuatro barras**

En donde el valor de  $z$  se calcula a partir de la primera de las dos ecuaciones de la ley de los cosenos. Con las dimensiones del mecanismo de eslabones articulados que se muestra (es decir  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ , y  $r_4$ ),  $\varphi$  es una función solamente del ángulo de entrada  $\theta_2$ . Observe que habrá dos valores de  $\gamma$  correspondientes a cualquier valor de  $\theta_2$  debido a que el arco coseno es una función de dos valores. El segundo valor de  $\varphi$  corresponde, físicamente, al segundo modo de ensamble, ramificación o cierre, del mecanismo de cuatro barras, como se ilustra en la figura 19. Para cualquier valor del ángulo de entrada  $\theta_2$ , el mecanismo de cuatro barras puede ensamblarse o armarse en dos formas diferentes.



**Figura 19. Mecanismo de cuatro barras**

Si el ángulo de transmisión se desvía de  $+ 90^\circ$  ó  $- 90^\circ$  en más de  $45^\circ$  ó  $50^\circ$  aproximadamente, el eslabón tiende a pegarse debido a la fricción en las uniones o articulaciones; los eslabones 3 y 4 también tienden a alinearse y se podrían trabar.

El ángulo de salida del mecanismo de cuatro barras ángulo  $\theta_4$  también puede encontrarse en forma cerrada como una función de  $\theta_2$ . La ley de los cosenos puede utilizarse para expresar los ángulos  $\alpha$  y  $\varphi$  como sigue:

$$\alpha = \cos^{-1} \left[ \frac{z^2 - r_4^2 - r_3^2}{-2zr_4} \right] \quad (2.8)$$

$$\varphi = \cos^{-1} \left[ \frac{z^2 - r_1^2 - r_2^2}{-2zr_1} \right] \quad (2.9)$$

Y el ángulo  $\theta_4$ , está dado por:

$$\theta_4 = 180^\circ - (\alpha + \varphi) \quad (2.10)$$

## 2.7 Recipientes a presión

El código ASME sección VIII define como recipiente a presión, cualquier vasija cerrada capaz de almacenar un fluido a presión atmosférica, ya sea presión interna o vació, independiente de su forma y dimensiones.

Los diferentes tipos de recipiente se catalogan, de acuerdo a:

- a) Por su uso. Los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de procesos.
- b) Por su forma. Pueden ser cilíndricos o esféricos. Los primeros son horizontales o verticales y existen casos, como las chaquetas que incrementan o decrecen la temperatura de los fluidos según sea el caso.

De acuerdo a su geometría:

- a) Recipientes abiertos
- b) Recipientes cerrados
- c) Tanques cilíndricos de fondo plano
- d) Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezas formadas
- e) Recipientes esféricos

Y por el tipo de tapas.

- a) Tapas planas
- b) Tapas toriesféricas
- c) Tapas semielípticas
- d) Tapas semiesféricas

## CAPITULO 3

### DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN.

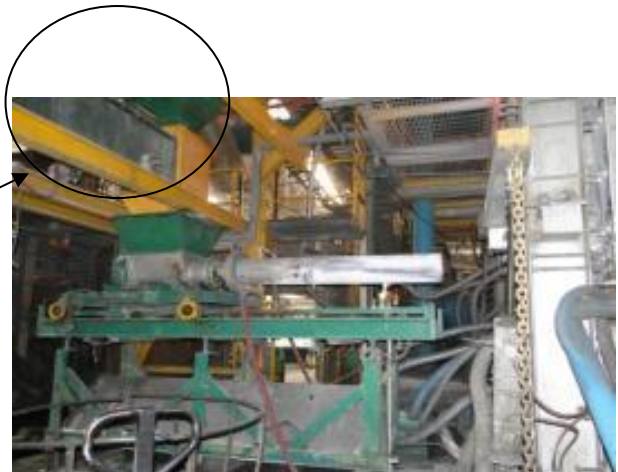
#### 3.1 Reingeniería del Sistema

Con el cargador actual tipo cañón se observa que el hidramix se encuentra localizado de manera perpendicular al cargador. De manera que cuando el sensor de nivel de vidrio ubicado dentro del horno manda la señal de nivel bajo esta manda a trabajar al hidramix para que mande material a la tolva unida al cargador tipo cañón.

**Figura 19. Hidramix**

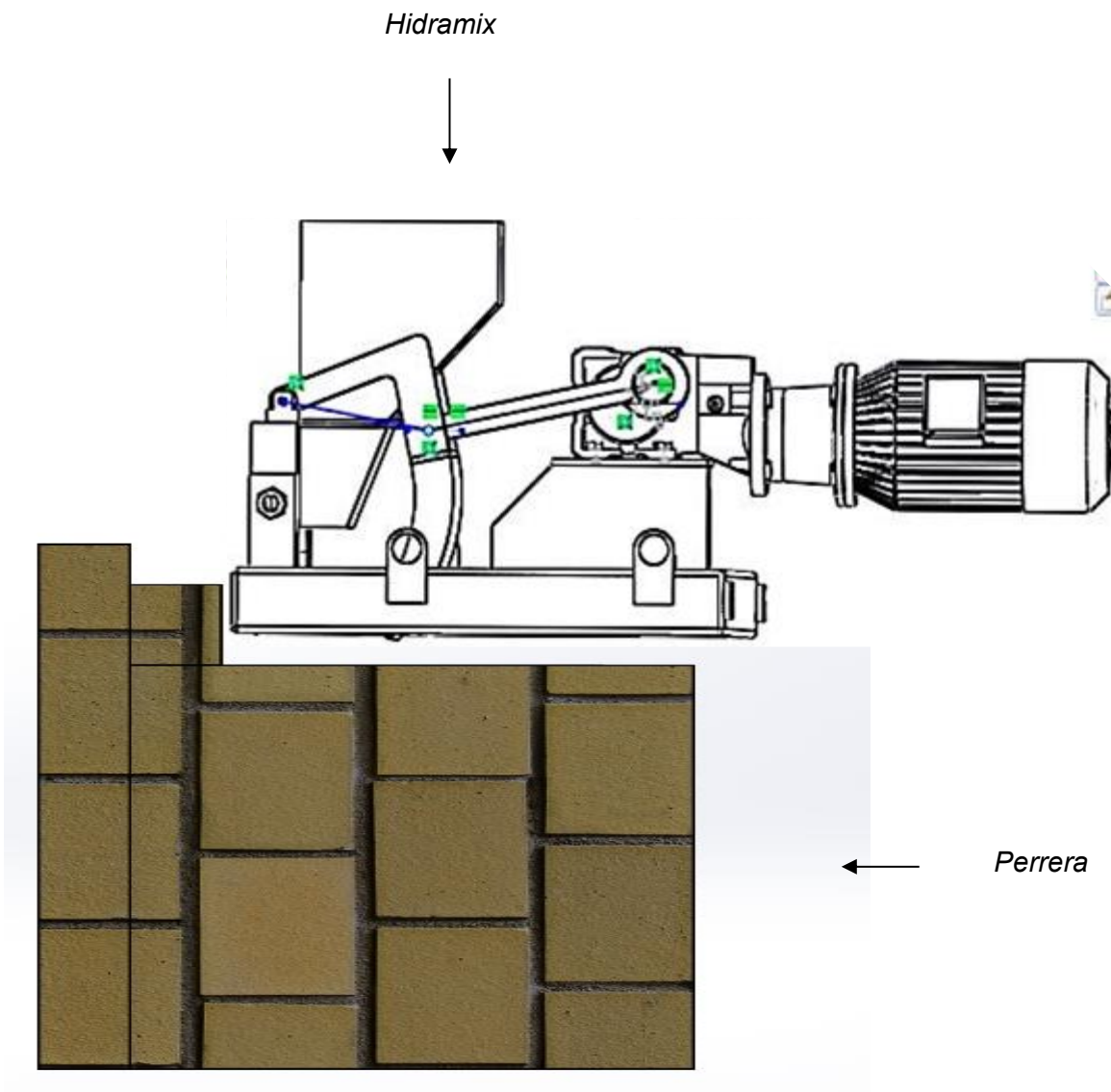


**Figura 19. Hidramix**



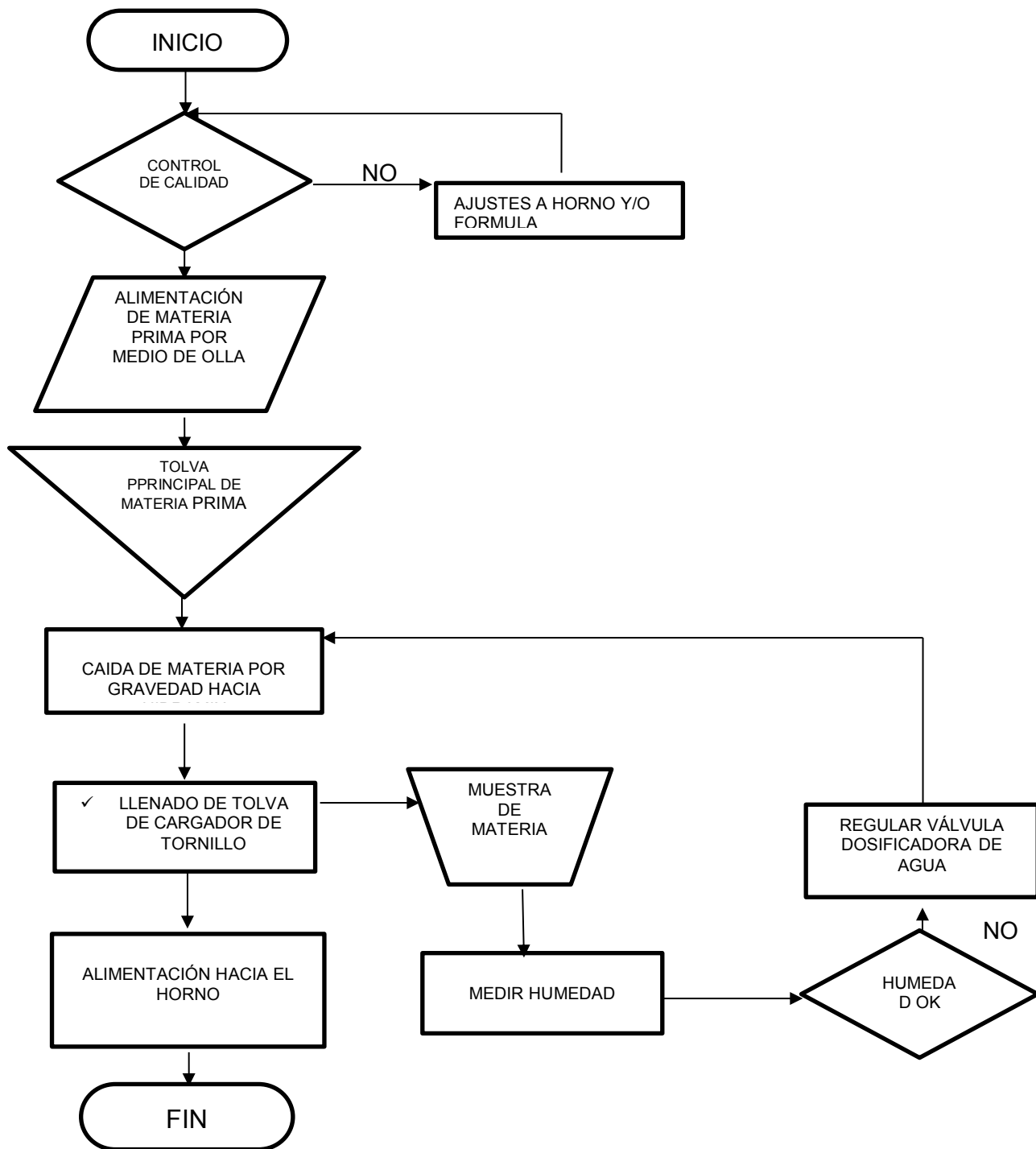
**Figura 20. Cargador tipo cañón**

Con el nuevo cargador la posición del hidramix se localiza alineado por encima del cargador de pala.



**Figura 21. Esquema con el nuevo cargador adaptado a la perrera.**

### 3.2 Diagrama de flujo del proceso

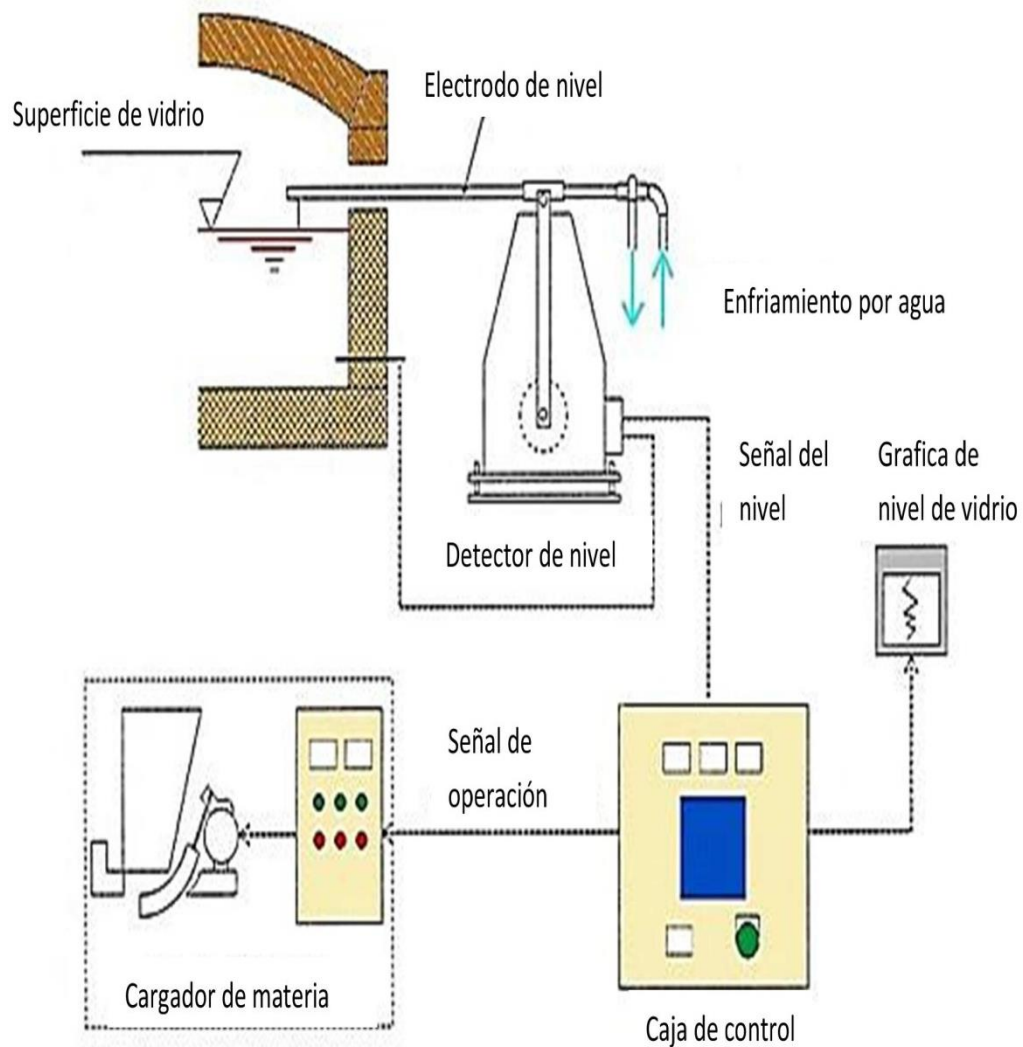


- ✓ Debajo de la caída del hidramix se encontrara ubicado el cargador tipo pala. Cuando se encuentre el empujador en la posición de atrás la materia caerá sobre el vidrio fundido y posteriormente al arquear el empujador empujara la materia, repitiéndose el ciclo de alimentación continuamente en el horno.

#### Equipo de Control de Nivel de Vidrio

El nivelador de vidrio es un equipo que supervisa la línea de base de vidrio. Mide la línea de base de vidrio continuamente con un detector de nivel, y mantiene el nivel consistentemente a una altura fija mediante el ajuste de la cantidad de carga de un cargador de materia de acuerdo con los resultados de la medición.

En la figura 23 se describe por medio de un esquema su funcionamiento.



**Figura 23. Equipo de control de nivel de vidrio**

## CAPITULO 4

### DESARROLLO DE LAS APLICACIONES

#### 4.1 Especificaciones Técnicas

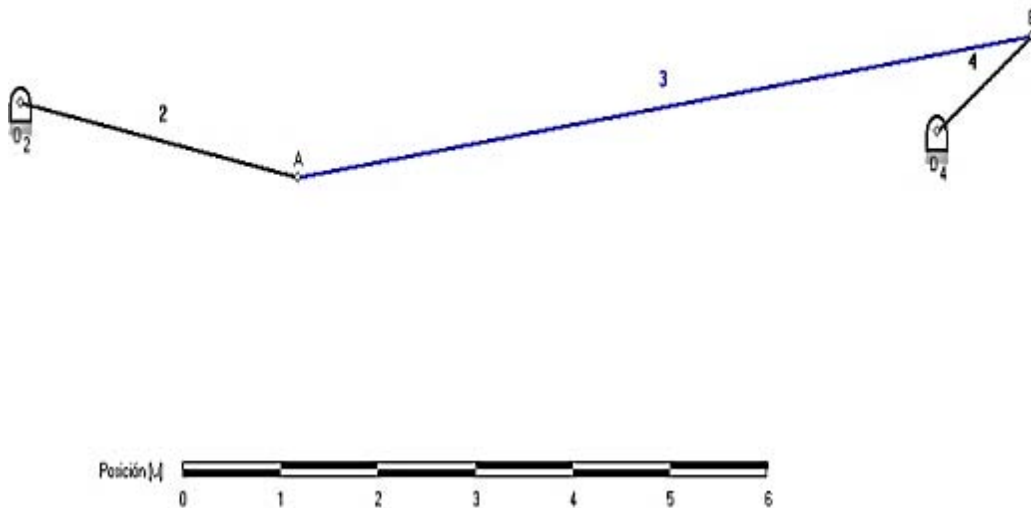
##### 4. 1.1 Diseño del mecanismo articulado

##### Grados de libertad

Considere el eslabonamiento mostrado en la figura 27, el eslabonamiento contiene 4 eslabones, y 4 pares de uniones de libertad, de manera que aplicando el criterio de Grübler, se tiene que:

$$M = 3(n - 1) - 2j_1 - j_2 \quad (4.1)$$

$$M = 3(4-1)-2(4)-0 = 9-8-0 = 1$$



**Figura 20. Mecanismo articulado de cuatro barras del cargador**



Clasificación.

Donde:

$O_2A = 150.15 \text{ mm}$

$AB = 232.30 \text{ mm}$

$B_0_4 = 35.00 \text{ mm}$

$O_2O_4 = 346.02 \text{ mm}$

Designemos con letras los eslabones a ( $O_2O_4$ ), b (AB), c ( $O_2A$ ) y d ( $B_0_4$ ), donde los elementos de mayor longitud serán a y b. Los eslabones de menor longitud serán d y c.

La barra de mayor longitud es la a  $O_2O_4 = 346.02 \text{ mm}$ .

La barra b es la opuesta a la barra a. Entonces es  $AB = 232.30 \text{ mm}$ . La barra c puede ser  $O_2A$  o  $B_0_4$  o se toma como la de mayor longitud  $O_2A = 150.15 \text{ mm}$ .

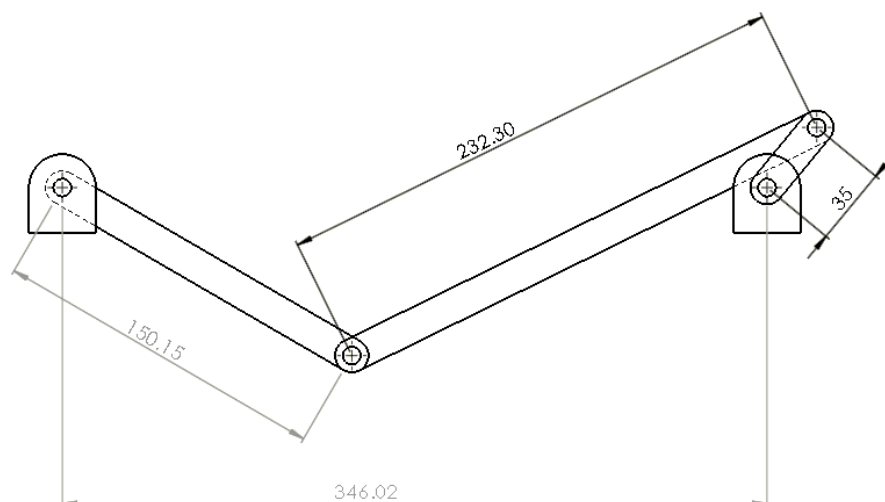
Y finalmente la barra d es la opuesta a c siendo  $B_0_4 = 35.00 \text{ mm}$ .

$$a - b = 346.02 \text{ mm} - 232.30 \text{ mm} = 113.72 \text{ mm}$$

$$c - d = 150.15 \text{ mm} - 35 \text{ mm} = 115.15 \text{ mm}$$

Ya que  $c - d < a - b$  pertenecen a la clase 1, donde todos los mecanismos en donde el eslabón más corta pueden hacer una revolución completa.

### Análisis de posición



**Figura 21. Dimensiones del mecanismo de cuatro barras**

$$z^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos\theta_2 \quad (4.2)$$

$$= 346.02^2 + 35^2 - 2(346.02)(35)(-\cos 142.18) = 374.28$$

Si se sustituye este valor en las ecuaciones, junto con las ecuaciones de los eslabones se tiene:

$$\gamma = \cos^{-1} \left[ \frac{z^2 + r_4^2 - r_3^2}{-2zr_4} \right] \quad (4.3)$$

$$= (374.28)^2 + (150.15)^2 - (232.30)^2 = 13.76^\circ$$

### **Cálculo de la potencia necesaria de un motoreductor.**

Necesitamos un par de torque para mover la carga de 40 kg m y una velocidad de giro de 25 RPM con velocidad angular constante. Entonces el Moto reductor necesario será de:

$$HP = \frac{TRPM}{716} \quad (4.4)$$

$$HP = \frac{(40kg \cdot m)(25RPM)}{716} = 1.39hp$$

Se requiere 1.39 hp de potencia en el motor. Como no existe comercialmente un motor de esa potencia, tomamos el más cercano que es de 1.5 Hp. Reducción 43:1 con velocidad de salida de 40.7 RPM. Necesitamos aplicar una reducción importante al eje de salida del motor, para ello buscamos el motoreductor apropiado.

Vemos que cumple con todos los requisitos anteriormente descritos. Escogiendo este reductor tendremos que acoplarlo a un motor de 1750 rpm a potencias máximas admisibles en hp con 1 de entrada a factor de servicio en su eje de salida.

Entonces la velocidad angular será de:

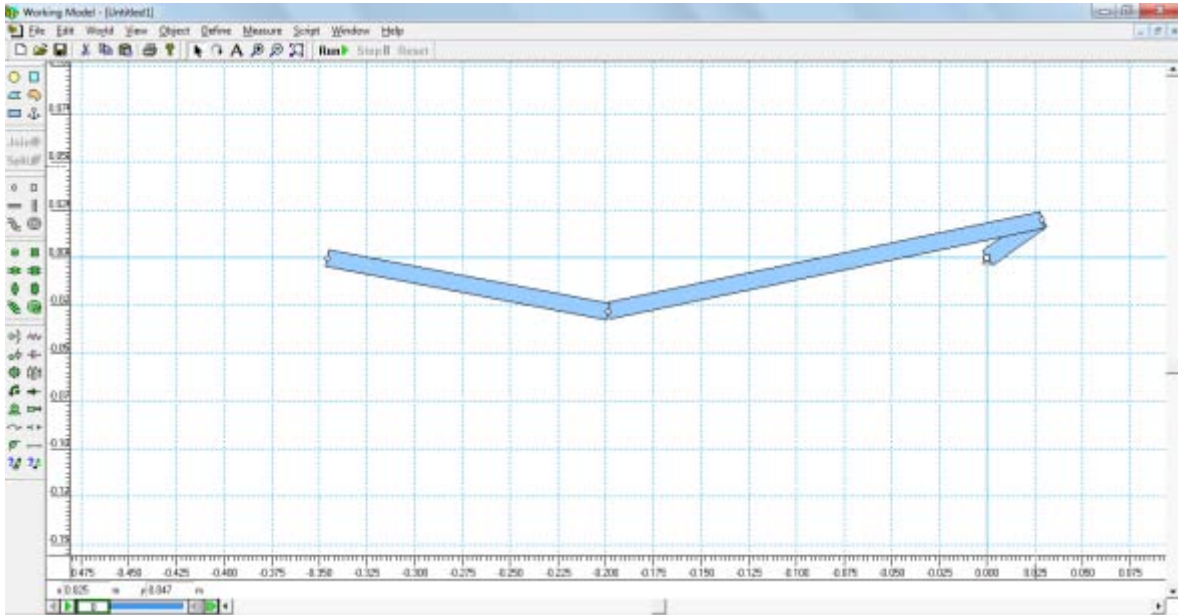
$$w = \frac{\pi n}{30} \quad (4.5)$$

$$w = \frac{\pi(40.7rpm)}{30} = 4.26rad/s$$

Dónde:

$n$  = velocidad de flecha reductor en rev/min

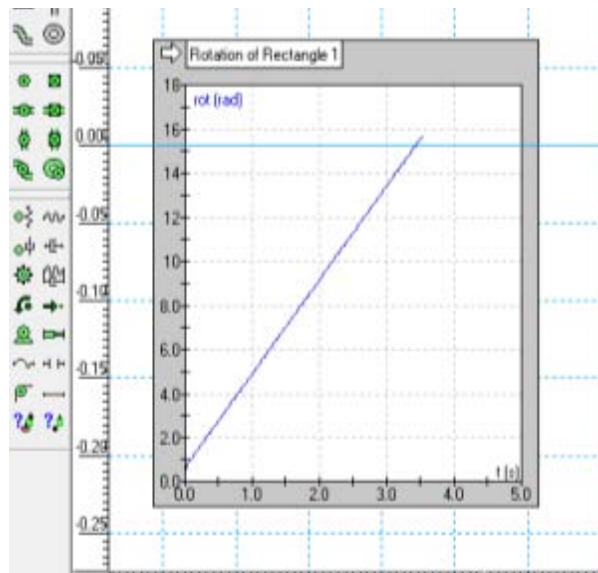
Con el uso del software Working Model y simulink se obtuvieron los patrones de comportamiento del mecanismo en las siguientes graficas:



**Figura 23. Mecanismo articulado de cargador simulado en Working Model**

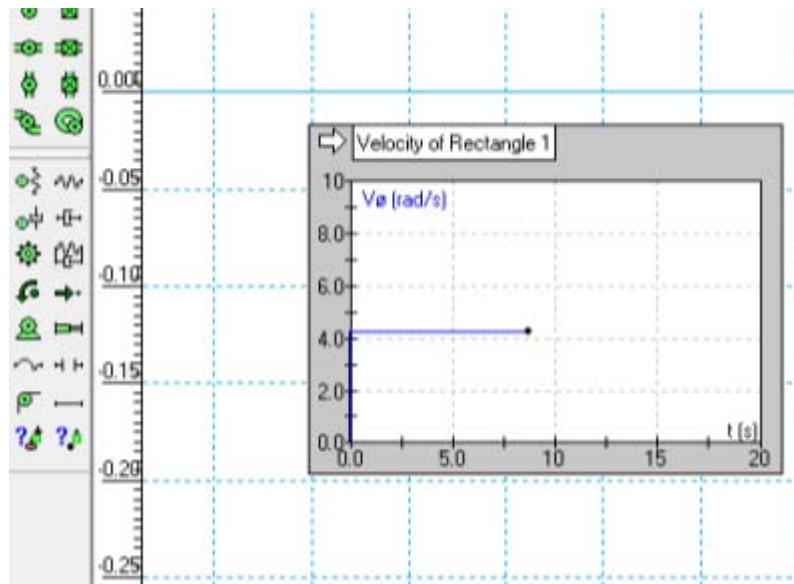
Eslabón 1.

Posición:



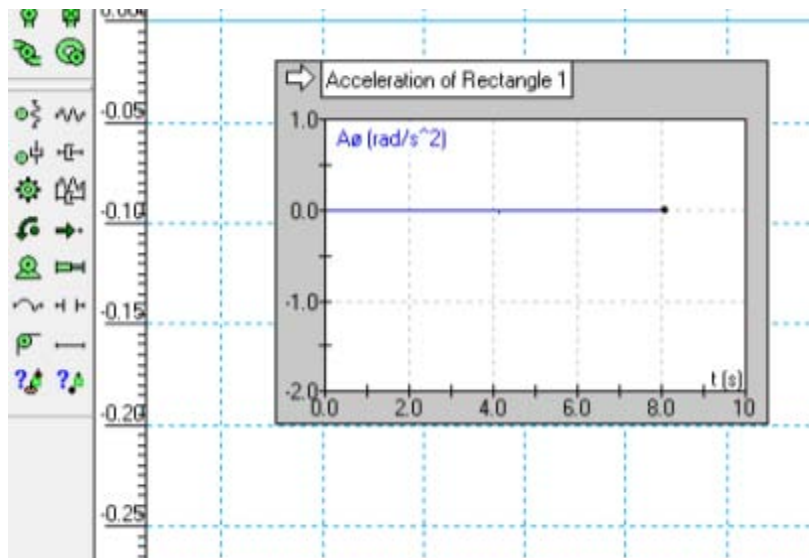
**Figura 24. Gráfica de posición de eslabón**

Velocidad:



**Figura 25. Gráfica de velocidad de eslabón 1**

Aceleración



**Figura 26. Gráfica de aceleración de eslabón**

Eslabón 2.

Posición

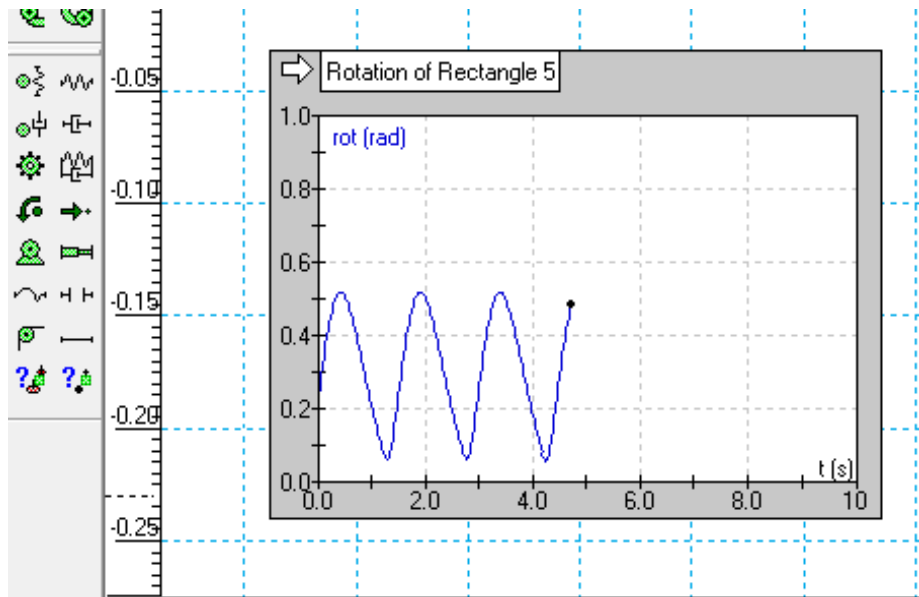


Figura 27. Gráfica de posición de eslabón 2

Velocidad

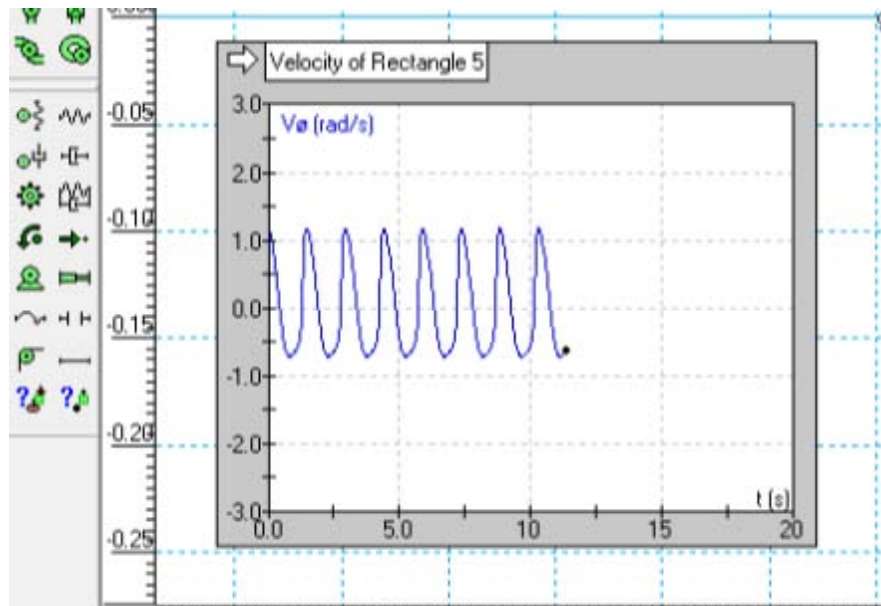


Figura 28. Gráfica de velocidad de eslabón 2

Aceleración

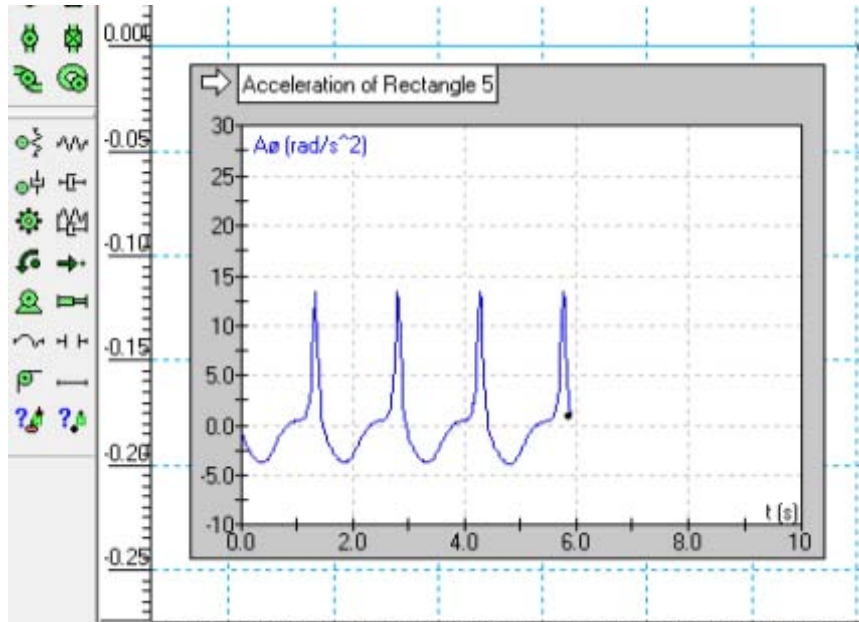


Figura 29. Gráfica de aceleración de eslabón 2

Eslabón 3.

Posición

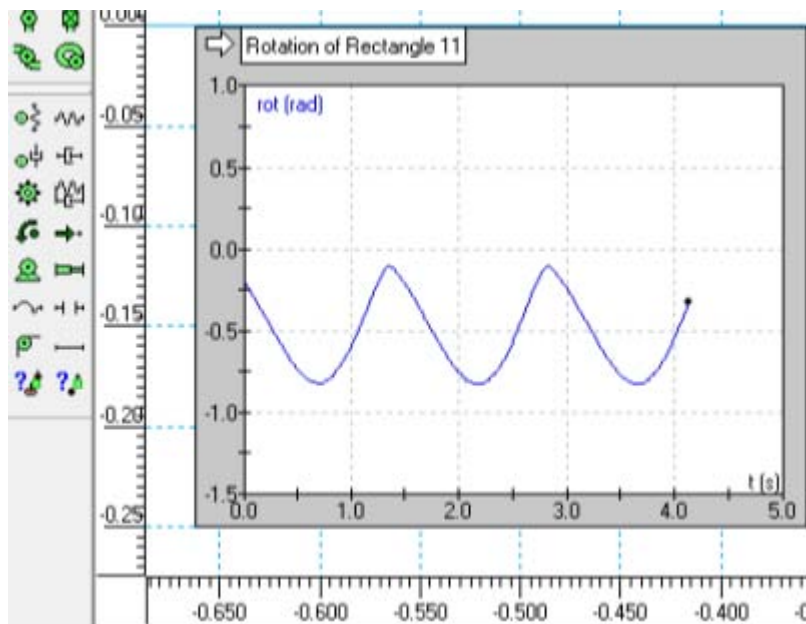
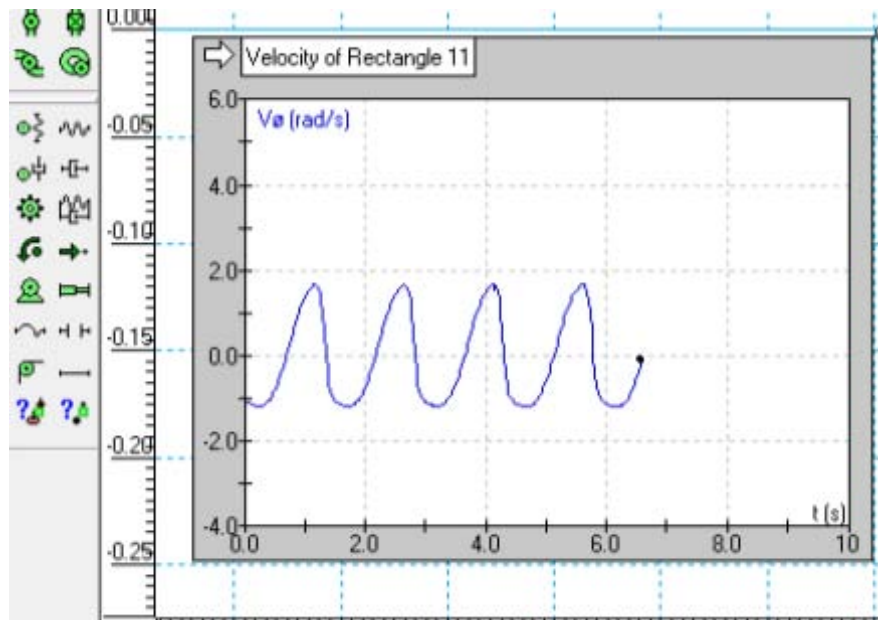


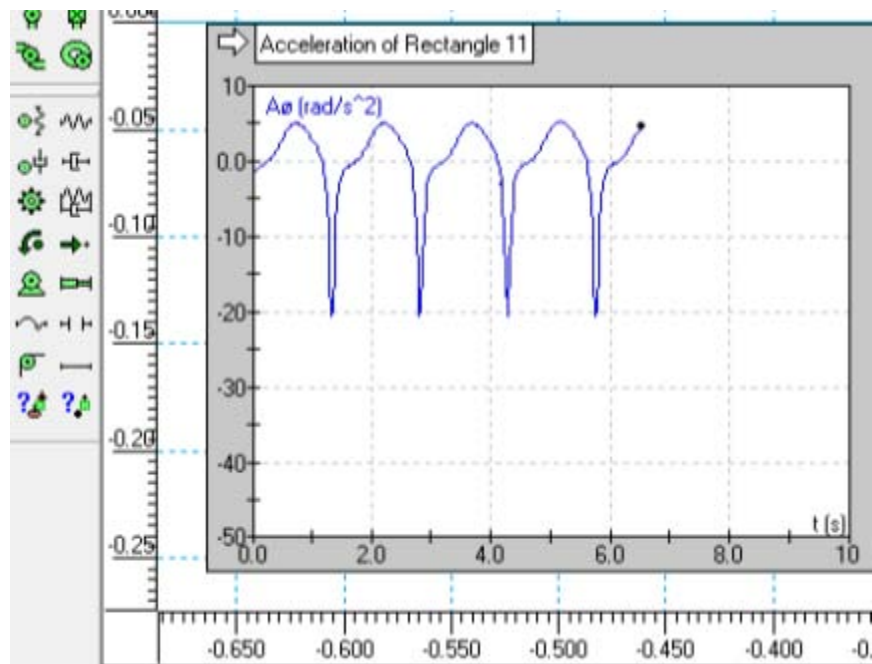
Figura 30. Gráfica de posición de eslabón 3

Velocidad



**Figura 31. Gráfica de velocidad de eslabón 3**

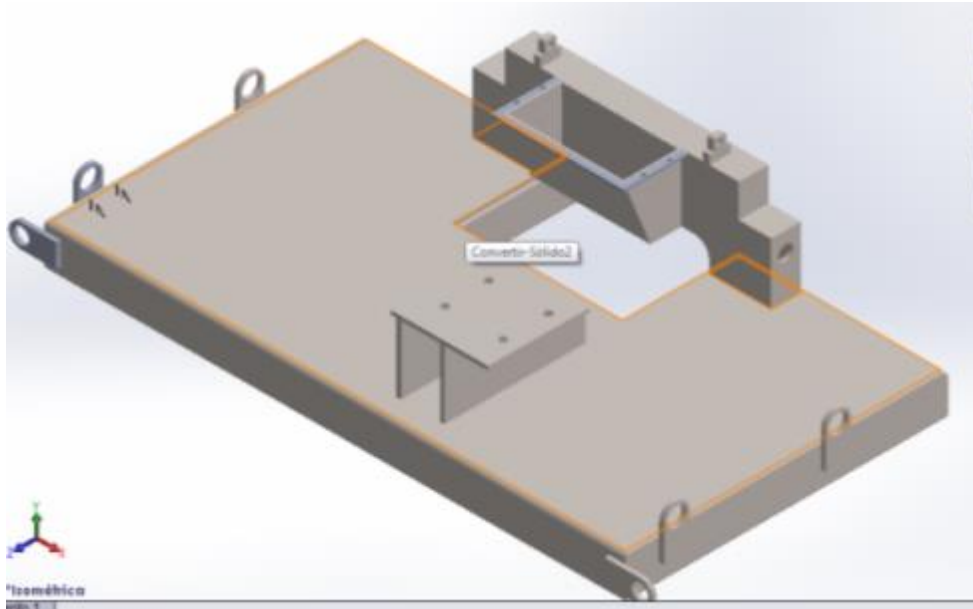
Aceleración



**Figura 32. Gráfica de aceleración de eslabón 3**

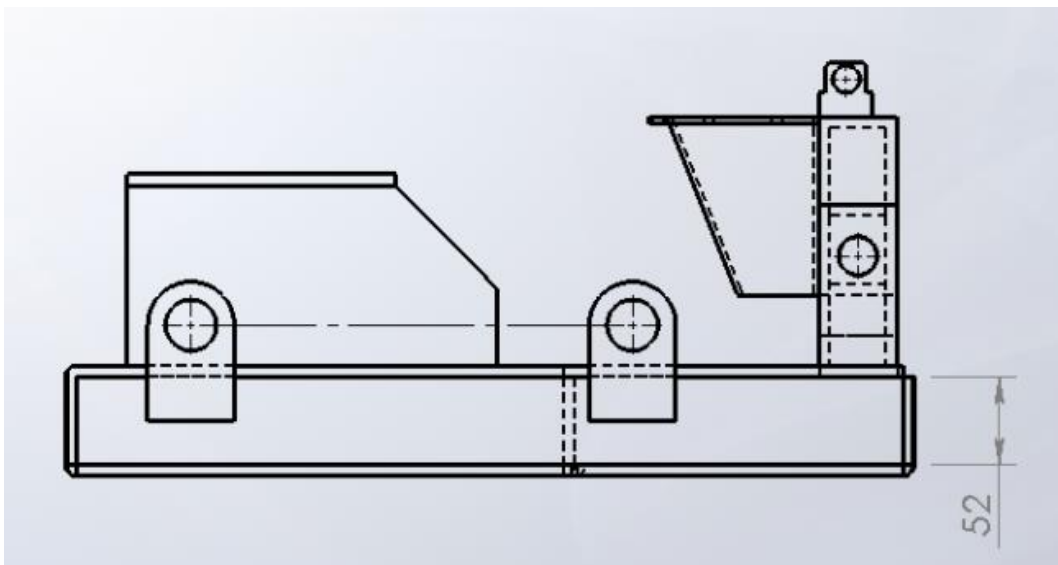
#### 4.1.2 Diseño de camisa

A continuación se muestra el cálculo de un recipiente rectangular en cuyo interior fluirá agua para su enfriamiento.



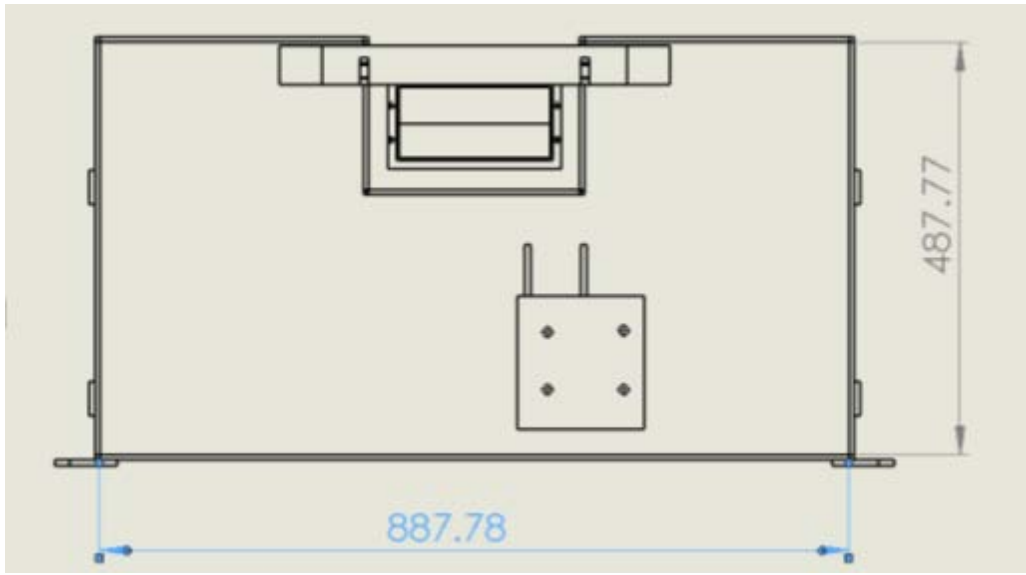
*Figura 33. Camisa del cargador (isométrico)*

Dimensionamiento:



*Figura 34. Vista Lateral de la Camisa del cargador*





**Figura 35. Vista Superior de la Camisa del cargador**

**Material de la placa**

**Material a emplear: Acero inoxidable austenítico 310**

ANÁLISIS QUÍMICO (Típico) %							
	C	Mn	Cr	Ni	P	S	Si
310	0.25 máx	2.0 máx	24.0 / 26.0	19.0 / 22.0	0.045 máx.	0.030 máx	1.5 máx

**Características y usos**

Acero Inoxidable llamado " 20 - 25 " por su contenido de Cromo Níquel que lo hace el de más resistencia a la alta temperatura entre todos los Aceros Inoxidables tipo estándar. Usado principalmente en equipos para la refinación de Aceites. Ollas para calentamiento de Aceites, Hornos, Embudos, etc. Este tipo es requerido para partes que deban ser soldadas en el proceso de fabricación y que necesiten una resistencia a la oxidación de los 1095 °C (2000 °F). Se puede usar a temperaturas más altas, pero solo cuando la presión es baja.

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA A LATENSIÓN ( PSI )	LÍMITE ELÁSTICO ( PSI )	ELONGACIÓN EN 2" %	REDUCCIÓN DE AREA %
90 000 / 75 000	45 000 / 30 000	30 Mín.	40 Mín.

### Resistencia a la corrosión

Excelente resistencia en su estado recocido.

### Resistencia a las altas temperaturas

310 Resiste temperaturas de 1 095 °C (2 000 °F) aún en constante servicio. En comparación con otros aceros inoxidable al Cromo-Níquel, este grado tiene el más bajo coeficiente de expansión como resultado de su también baja tendencia a la deformación.

### Calculo de espesor de la placa

$$t = 2.45L \sqrt{\frac{\alpha H 0.036 G}{\sigma}} + C.A \quad (4.6)$$

L =8.877 cm = largo de recipiente

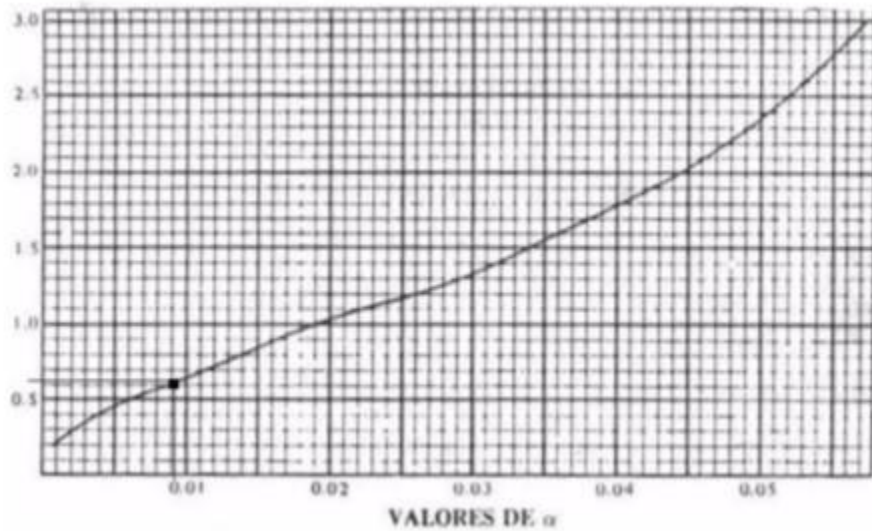
H =0.5277 cm= Alto del recipiente

G= Gravedad especifica del líquido (agua) = 1 kg/m<sup>3</sup>

σ= Esfuerzo de la placa =30KSI=2109.21 kg/cm<sup>2</sup>

α= Factor de que depende de la relación de la longitud a la altura del tanque H/L (ver fig.35)

C.A= Factor de corrección por corrosión



**Figura 35. Tabla de relación de la longitud a la altura de tanque.**

$$\frac{H}{L} \quad (4.7)$$

$$= \frac{5.277\text{cm}}{88.77\text{cm}} = .05944\text{cm} = 0.02340 \text{ plg}$$

$$\alpha = .001$$

$$t = 2.45(34.948 \text{ plg}) \sqrt{\frac{(0.001)(2.0775 \text{ plg})0.036 (.00003)}{(30000)}} + .25 = .2542 \text{ plg}$$

$$= 6.4567 \text{ mm}$$

### Volumen de agua

Densidad del agua es de  $1\text{gr/cm}^3 = 1000\text{kg/m}^3$

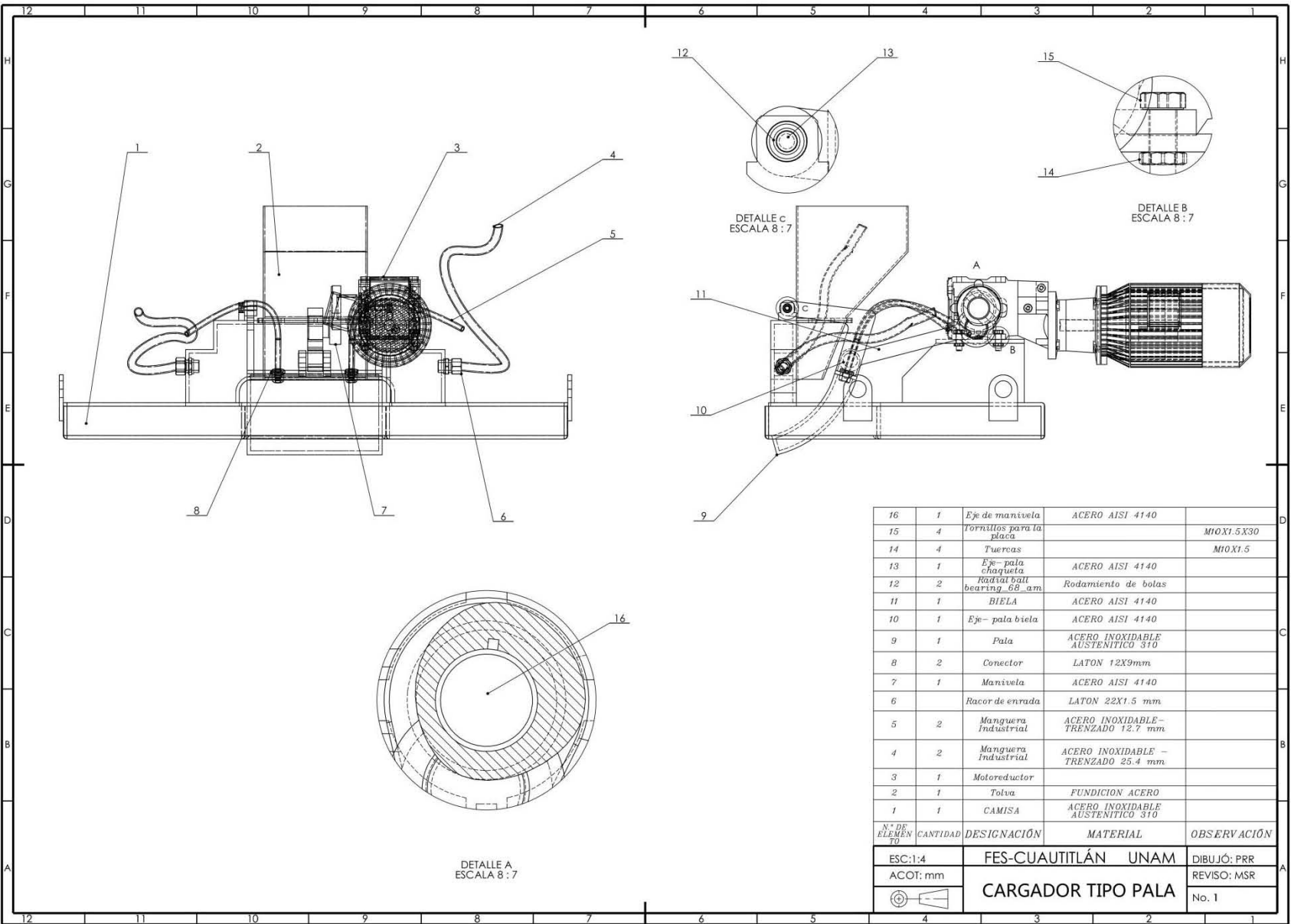
Volumen del recipiente =

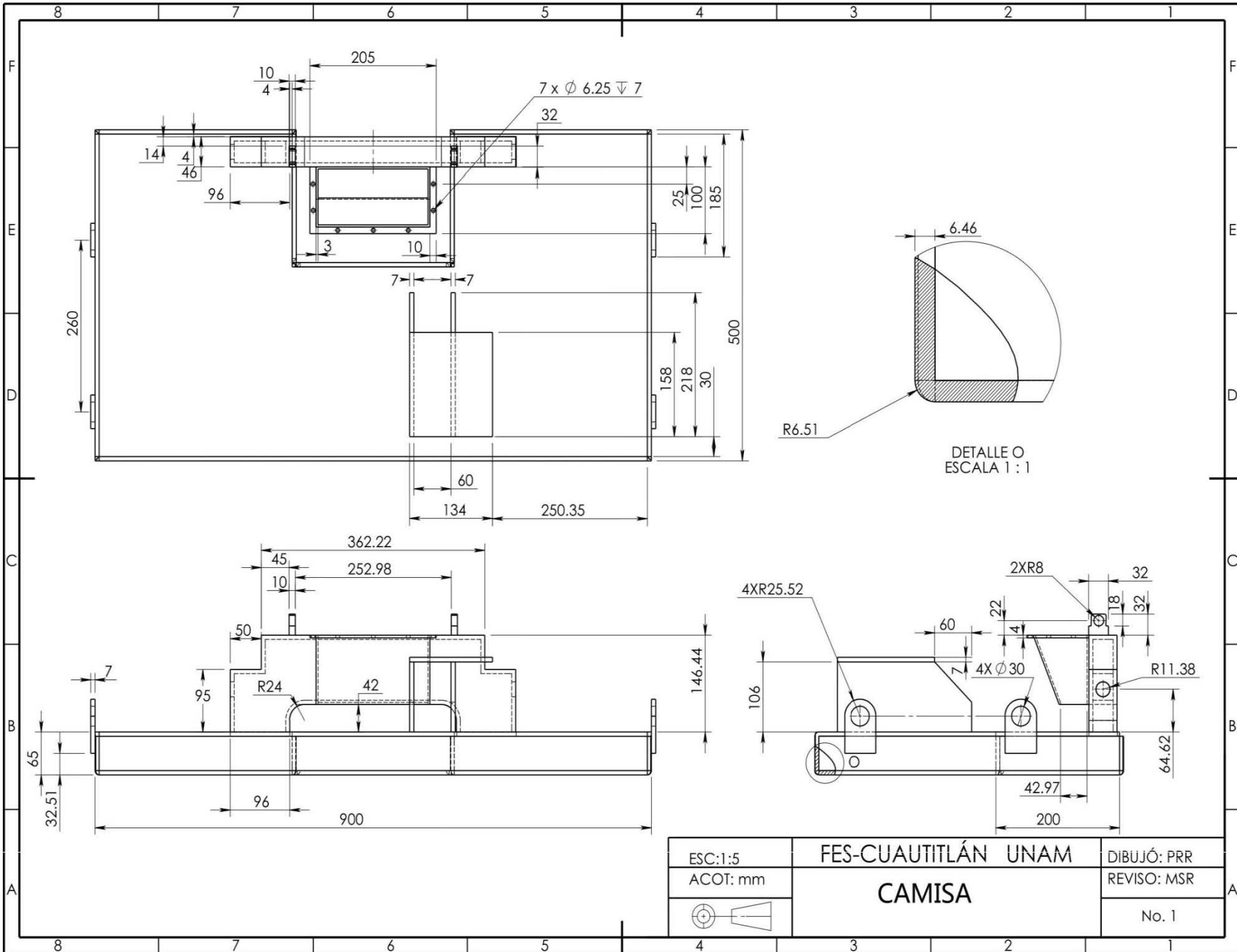
$$v = .02021176\text{m}^3$$

$$\rho v = m$$

$$m = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (.020211\text{m}^3) = 20.211 \text{ kg}$$

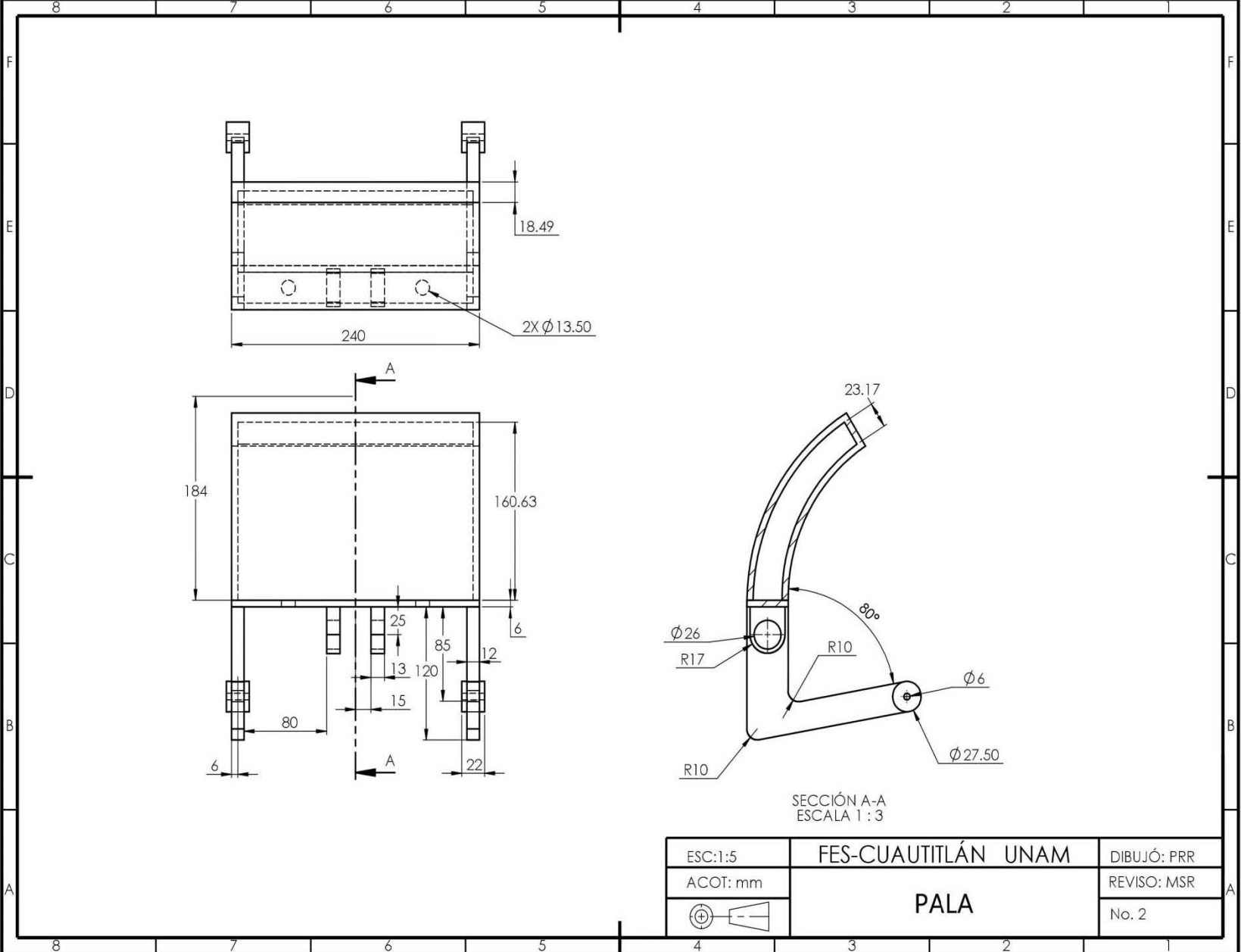
**4.1.3 Dibujos de conjunto y de detalle**  
**A continuación se muestran los dibujos de conjunto y de detalle del equipo diseñado.**



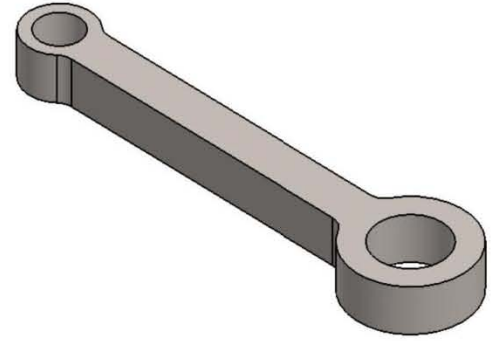
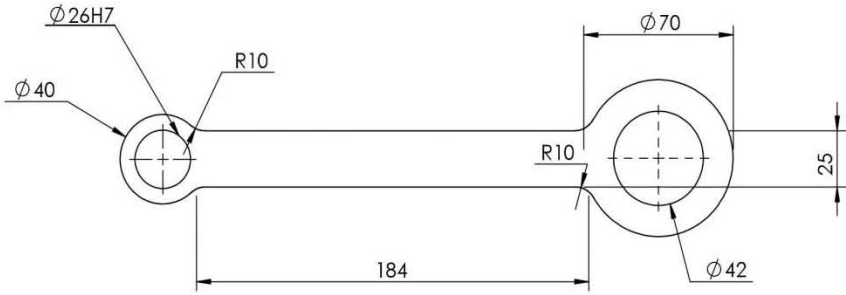


➤ Mecanismo articulado

• Pala

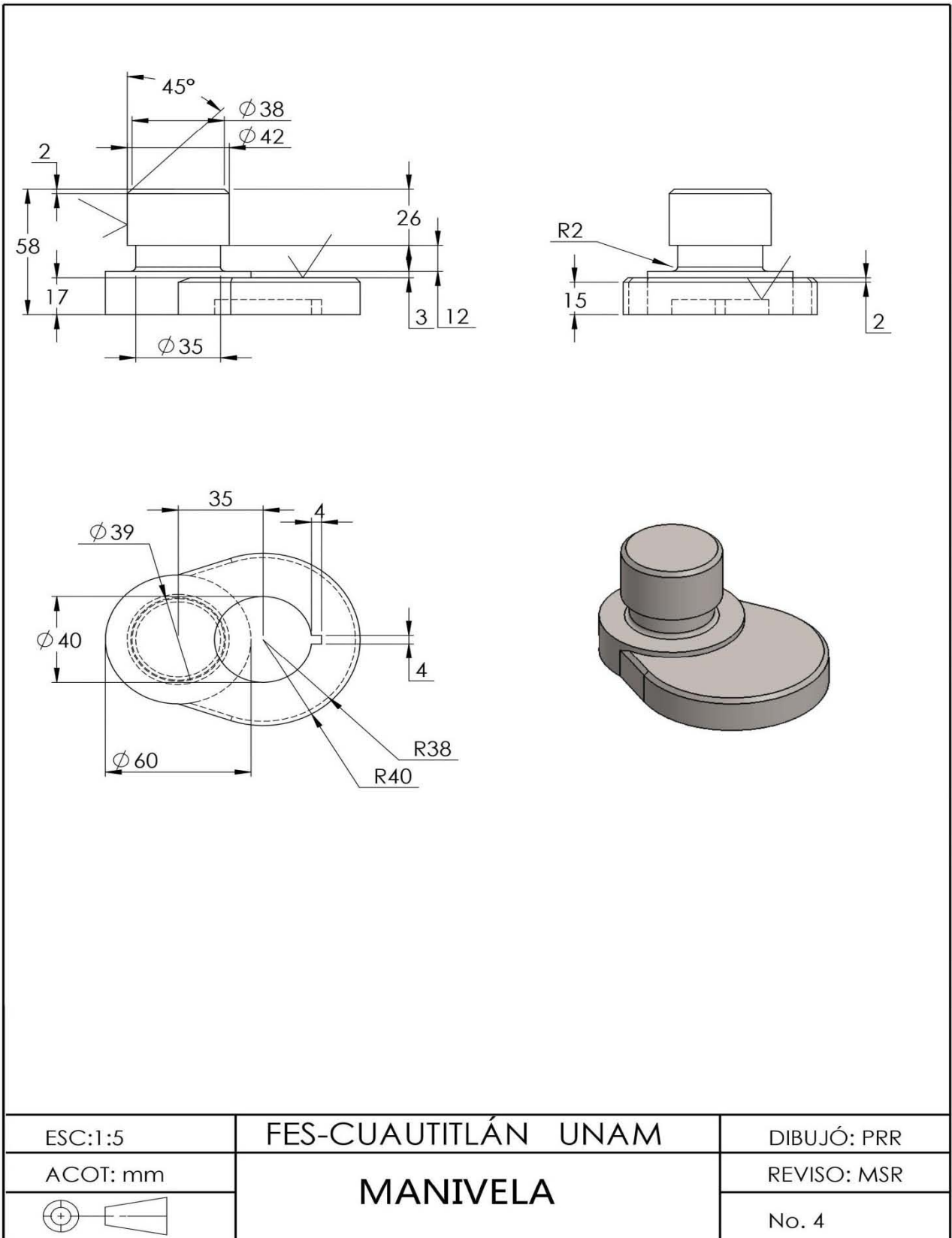


• Biela



ESC:1:5	FES-CUAUTILÁN UNAM	DIBUJÓ: PRR
ACOT: mm	B ELA	REVISO: MSR
		No. 3

- **Manivela**





## 4.2 Especificaciones Económicas

El cargador tipo cañón emplea en su funcionamiento dos motores eléctricos trifásicos que alimenta de materia prima al horno. El primero da movimiento al carrito de deslizamiento y el segundo motor hacer girar el gusano para la descarga del material.

### Sistema Actual

ELEMENTOS	Cantidad	Especificaciones Técnicas (Potencia)	
Motor Eléctrico	1	2.238 kW	3 hp
Motor Eléctrico	1	1.119 kW	1.5 hp

El primer motor eléctrico tienen una potencia de 2.238 kW consumiendo 720 horas al mes, tienen un gasto de consumo de 1611.36 kW/ hora al mes. El costo del consumo para un motor trifásico con un consumo de 1611.36 kW/hora al mes, a una tarifa de \$1.396 por kW/hora será de \$2248.956

Y el segundo motor eléctrico tienen una potencia de 1.119 kW consumiendo 720 horas al mes, tienen un gasto de consumo de 805.68 kW/ hora al mes. El costo del consumo para un motor trifásico con un consumo de 805.68 kW/hora al mes, a una tarifa de \$1.396 por kW/hora será de \$1124.72

### Reingeniería

Con el nuevo cargador tendrá la ventaja de solo de operar con un solo motor eléctrico de 1.5 HP reduciendo el consumo eléctrico.

ELEMENTOS	Cantidad	Especificaciones Técnicas	
Motor	1	1.119 kW	1.5 Hp

### 4.3 Especificaciones de Control y Seguimiento

En este capítulo se realizó la definición, planificación y ejecución del proyecto, además de la cotización del proyecto.

Como empresa siempre se busca en el ahorro y gastos innecesarios uno de ellos es la buena elección de la materia prima.

En el caso del cargador se busca que el material cumpla con las especificaciones necesarias para que este sea seguro en su uso ya que si se compra un material que no cumpla con las características correspondientes (resistencia mecánica y a la corrosión) implicara gastos innecesarios como el hacerle mantenimiento e inspecciones seguidas.

MS Project apoyo en la aplicación del proyecto, por ser una herramienta útil auxilia a llevar un mejor control del proyecto tanto de recursos como de personal requerido.

Para la ejecución del proyecto se requirió una planificación en tiempo y recursos, económicos que requirió desde la elaboración en el diseño, revisión, fabricación y prueba de funcionamiento.

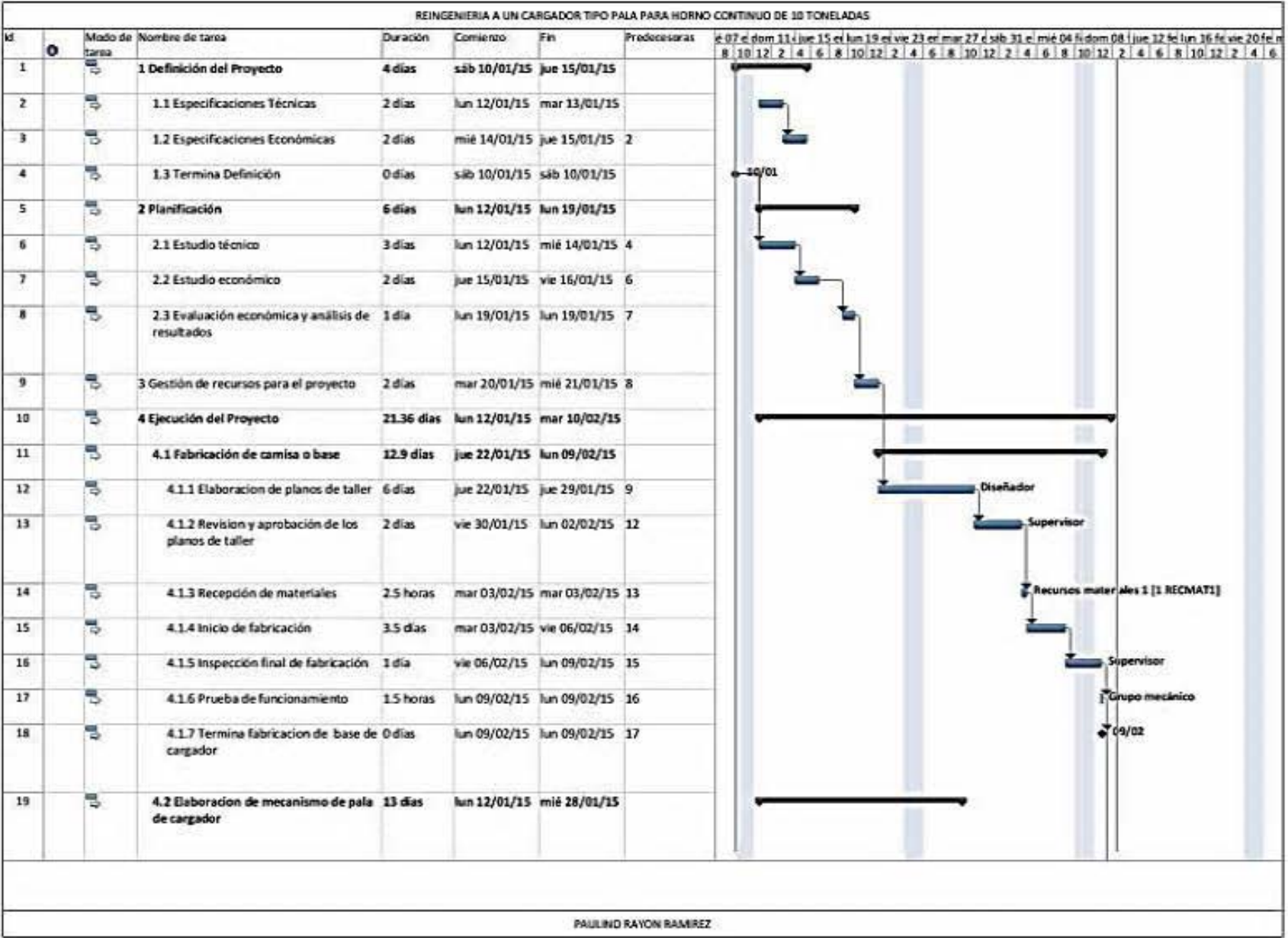
A continuación se presenta una tabla con información del flujo de caja.

Flujo de caja el lun 29/06/15  
Proyecto1 cargador

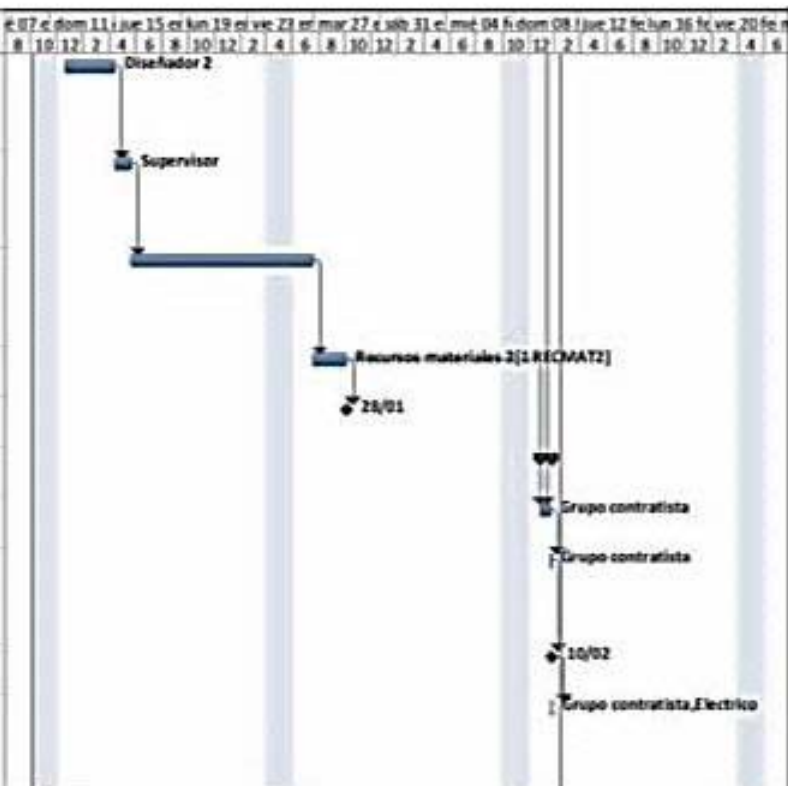
	29/12/14	05/01/15	12/01/15	19/01/15	26/01/15	Total
Ejecución del Proyecto						
Fabricación de camisa o base						
Elaboracion de planos de taller	\$700.00	\$1,400.00				\$2,100.00
Revisión y aprobación de los planos de taller		\$450.00	\$450.00			\$900.00
Recepción de materiales			\$13,000.00			\$13,000.00
Inicio de fabricación						
Inspección final de fabricación			\$112.50	\$337.50		\$450.00
Prueba de funcionamiento				\$82.50		\$82.50
Termina fabricacion de base de cargador						
Elaboracion de mecanismo de pala de cargador						
Fabricación de planos de las piezas del mecanismo	\$700.00	\$350.00				\$1,050.00
Revisión y aprobación de los planos de taller		\$450.00				\$450.00
Inicio de fabricación de piezas de mecanismo						
Inspección final de fabricación			\$35,000.00			\$35,000.00
Termina fabricacion del mecanismo						
Montaje del caragador						
Montaje del motor a la base				\$60.00		\$60.00
Montaje del mecanismo con pala al motor y base				\$54.00		\$54.00
Termina Montaje de caragador						
Prueba de funcionamiento con motor energizando				\$41.25		\$41.25
<b>Total</b>	<b>\$1,400.00</b>	<b>\$2,650.00</b>	<b>\$48,562.50</b>	<b>\$575.25</b>		<b>\$53,187.75</b>

**Tabla 2. Tabla de Flujo de caja.**

Las siguientes graficas muestran el resumen del proyecto fecha duracion trabajo y costos.



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
20		4.2.1 Fabricación de planos de las piezas del mecanismo	3 días	lun 12/01/15	mié 14/01/15	
21		4.2.2 Revisión y aprobación de los planos de taller	1 día	jue 15/01/15	jue 15/01/15	20
22		4.2.3 Inicio de fabricación de piezas de mecanismo	7 días	vie 16/01/15	lun 26/01/15	21
23		4.2.4 Inspección final de fabricación	2 días	mar 27/01/15	mié 28/01/15	22
24		4.2.5 Termina fabricación del mecanismo	0 días	mié 28/01/15	mié 28/01/15	23
25		<b>4.3 Montaje del caragador</b>	<b>0.38 días</b>	<b>lun 09/02/15</b>	<b>mar 10/02/15</b>	
26		4.3.1 Montaje del motor a la base	2 horas	lun 09/02/15	mar 10/02/15	17,23
27		4.3.2 Montaje del mecanismo con pala al motor y base	1.8 horas	mar 10/02/15	mar 10/02/15	26
28		4.3.3 Termina Montaje de caragador	0 días	mar 10/02/15	mar 10/02/15	27
29		4.4 Prueba de funcionamiento con motor energizando	0.75 horas	mar 10/02/15	mar 10/02/15	28



## **CAPITULO 5**

### **CONCLUSIONES**

#### **5.1 Conclusiones Técnicas**

Se creó la reingeniería a un cargador tipo pala mediante herramientas de diseño, además de sus cálculos, teniendo en cuenta que se necesita de un cargador de trabajo intenso durante las 24 horas del día, teniendo un margen de error de operación mínimo debido a la importancia de la maquina al mantener un nivel continuo de vidrio en el horno.

Hay que tomar en cuenta las temperatura tan altas con las que trabaja el horno de hasta 1550 °C, por ello la necesidad de tener enfriado todo el tiempo el cargador con agua en el interior de la chaqueta, ya que de lo contrario puede afectar de inmediato al mismo. Otro factor a considerar es la humedad de la materia y el tamaño del cullet. Ya ambos pudieran afectar el empujador cuando no están correctamente dosificados.

Cabe mencionar que el cargador necesita una perrera para su operación y por ello se necesita apagar el fundidor para la colocación del mismo por lo que se requiere de una interrupción temporal de trabajo.

#### **5.2 Conclusiones Económicas**

El costo de un cargador tipo cañón a uno tipo pala no es mayor, si se observa el beneficio en el consumo eléctrico y en mayor medida la calidad de vidrio que se puede fabricar, reflejándose en la producción efectiva debido a una disminución de la semilla por un adecuado proceso de fundición que parte de un buen formado de cargas de materia.

### **5.3 Conclusiones Personales**

El sector de fabricación de envases de vidrio está en constante competencia por mantener una calidad óptima en sus productos lo que presiona a mantener sus políticas a un mayor nivel.

Es por los motivos antes descritos que se hace necesario invertir en nuevas tecnologías capaces de mejorar la optimización del cargado de materia, buscando siempre la mejora continua en cada proceso.

Con esta propuesta de cargador lo que se busco es brindar una solución, cumpliendo el objetivo de una mejor forma de la carga que evita que materia cruda sufra un adelanto y esta provoque problemas de vidrio que se reflejan en la producción efectiva (pack to melt). Al realizar las simulaciones pertinentes se observó que le ciclo de carga por parte del empujador es mucho más eficiente que con el que se tenía con el cargador de tornillo.

## BIBLIOGRAFIA

“El vidrio en la Ciudad de México. Productores y Productos Novohispanos: Siglos XVI-XVIII”

José Roberto Peralta Rodríguez

Editor EAE, 2012

“Fabricación y elaboración del vidrio. Los grandes inventos”

Reuleaux Federico

Editorial MAXTOR, 2006

“Teoría de máquinas y mecanismos”

Juan Carlos García Prada, Cristina Castejón Sisamón, Higinio Rubio Alonso

Editorial Thomson, 2007

“Cañerías y Recipientes de presión”

Escrito por José Luis Otegui, Esteban Rubertis.

Editorial Eudem Primera Edición 2008

Catálogo de Aceros Comerciales” Aceromex”

## **GLOSARIO**

Batch: se utiliza para determinar la combinación correcta de las materias primas (por lotes) para una masa fundida de vidrio.

Cullet: Vidrio que es triturado y listo para ser refundidos o también se denominado vidrio de desecho

Pack to Melt: " PTM " Paquete de masa fundida, es decir, la cantidad de material de empaquetado en comparación con la cantidad fundido