



Diseño, construcción y prueba de una mini revolvedora para mezclas radiactivas de concreto

Presenta: Ariadna Becerril Gómez
Asesora: Ana María Reyes Fabela







CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

El que suscribe **Ariadna Becerril Gómez**, Autora del trabajo escrito de evaluación profesional en la opción de **Tesis** con el título “**Diseño, construcción y prueba de una mini revolvedora para mezclas radiactivas de concreto**”, por medio de la presente con fundamento en lo dispuesto en los artículos 5, 18, 24, 25, 27, 30, 32 y 148 de la Ley Federal de Derechos de Autor, así como los artículos 35 y 36 fracción II de la Ley de la Universidad Autónoma del Estado de México; manifiesto mi autoría y originalidad de la obra mencionada que se presentó en **Facultad de Arquitectura y Diseño** para ser evaluada con el fin de obtener el Título Profesional de **Lic. en Diseño Industrial**.

Así mismo expreso mi conformidad de ceder los derechos de reproducción, difusión y circulación de esta obra, en forma NO EXCLUSIVA, a la Universidad Autónoma del Estado de México; se podrá realizar a nivel nacional e internacional, de manera parcial o total a través de cualquier medio de información que sea susceptible para ello, en una o varias ocasiones, así como en cualquier soporte documental, todo ello siempre y cuando sus fines sean académicos, humanísticos, tecnológicos, históricos, artísticos, sociales, científicos u otra manifestación de la cultura.

Entendiendo que dicha cesión no genera obligación alguna para la Universidad Autónoma del Estado de México y que podrá o no ejercer los derechos cedidos.

Por lo que el autor da su consentimiento para la publicación de su trabajo escrito de evaluación profesional.

Se firma presente en la ciudad de Toluca, a los 15 días del mes de Agosto de 2017.

Nombre y firma de conformidad







Para mi amiga, mi guía, mi ejemplo y mi más grande amor
Para ti, mamá



Agradecimientos

A mis padres: Rubén y Nor, por la vida,
el amor y el apoyo incondicional.

A mis hermanos: Nor, Cary y Gómez por
ser mis amigos, maestros, cómplices,
consejeros y los mejores compañeros de
vida.

A mis abuelitos: Memo y Choli por ser
los pilares de una hermosa familia.

A mis tíos: Memo, Gely, Cari, May y
Marysol, por ser mi ejemplo y mi apoyo
en todo momento.

A mis primos: Pau, Miri, Caro, Rafa,
Carlitos, Toño, Memo, Ger, Erick y Xi-
mena por regalarme los momentos
más divertidos de mi vida.

A mi Rodri, por inyectarme tanto amor
y alegría.

A Alejandro, gracias por tu amistad, por
escucharme, entenderme y aconsejar-
me siempre.

A Mari Carmen, Lupita, Vero y Aydé por
ser las mejores amigas.

A Alan, gracias por la música, por tus
manos, gracias por estar ahí.

A Mundo, Ale, Pichu, Fer, Marian, Arthur,
Beto y Moni porque nunca hubiera so-
brevivido a la fad sin ustedes.

Al Instituto Nacional de Investigaciones
Nucleares, en especial al Laboratorio de
Desechos Radiactivos, a la Dra. Fabiola
Monroy por la oportunidad, al Dr. José
Alaniz y a la Ing. Carla Paulina, gracias
a todos por la ayuda otorgada para la
realización de este proyecto.

A mi asesor del ININ, Ing. Cecilio Duarte
Alaniz, gracias por la confianza, por la
exigencia, porque más que una tesis me
llevo una experiencia de vida.



A Don Silvino, por todas las horas en el taller, por la asesoría, las risas, la plática, la comida. Sin su ayuda no habría mini revolvedora.

A los técnicos y jefes del Taller de Fabricación de Prototipos del ININ: Ing. David, Ing. Adrián, Don Simón, Don Juan, Don Raúl, Don Telésforo, Nicolás, Juan Carlos, Polo, Rogelio, gracias a todos por cuidarme y ayudarme, por hacerme sentir parte del equipo.

A Xochitl, Yeda, Alberto, Angélica, Jaime, Lulú, Víctor, Dr. Carlos Rivera y Dr. Javier Flores, gracias por hacer mi estancia en el ININ más divertida y nutritiva.

A mi asesora, Dra. Ana María Reyes Fabela, gracias por la paciencia y la asesoría a lo largo de este proyecto.

A todos los seres que de manera directa o indirecta han tocado mi vida porque forman parte de la persona que hoy esta aquí.



ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimientos	
Introducción	I
Planteamiento del problema	III
Objetivo general	III
Objetivos específicos	III

Capítulo I: Marco teórico

1.1	Conceptos básicos de radiactividad	1
1.1.1	Radiación nuclear	1
1.1.2	Principales tipos de radiación nuclear	2
1.1.3	Decaimiento radiactivo	4
1.1.4	Actividad	5
1.1.5	Vida media de radioisótopos	5
1.1.6	Unidades de medición de la actividad	5
1.1.7	Generalidades sobre protección radiológica	6
1.2	Desechos radiactivos	9
1.2.1	Definición desecho radiactivo	9
1.2.2	Normatividad	9
1.2.3	Clasificación de desechos radiactivos	10
1.2.4	Gestión de Desechos radiactivos	11
1.3	Concretos y Desechos Radiactivos	14
1.3.1	Definición de concreto	14
1.3.2	¿Qué es una mezcla radiactiva de concreto?	16
1.3.3	Acondicionamiento de Desechos Radiactivos con concreto	16
1.4	Dinámica (momento de torsión)	17
1.5	Control de velocidad de motores	17
1.5.1	Motor de Corriente Directa	17
1.5.2	Reguladores de voltaje	18

Capítulo II: Método de diseño

2.1	Mercado	23
2.2	Pre figuración	23
2.2.1	Análisis de la actividad	23
2.2.2	Delimitación del problema	24
2.2.3	Análisis de productos análogos	25
2.2.4	Requerimientos de diseño	27
2.2.5	Concepto de diseño	29



2.3	Figuración	30
	2.3.1 Alternativas	30
	2.3.2 Alternativa final	33
2.4	Materialización	36
	2.4.1 Materiales	36
	2.4.2 Planos	38
	2.4.3 Hojas de procesos	58
	2.4.4 Fabricación de prototipo	90
Capítulo III: Implantación		
3.1	Implantación	97
3.2	Gestión del proyecto	103
	3.2.2 Determinación del costo del proyecto	103
3.3	Conclusiones	105
Fuentes consultadas		10



Introducción

La radiactividad es un fenómeno natural y las fuentes naturales de radiación son una característica del medio ambiente. Las radiaciones y las sustancias radiactivas tienen muchas aplicaciones beneficiosas, que van desde la generación de electricidad hasta los usos en la medicina, la industria y la agricultura. Estas actividades producen desechos radiactivos en forma gaseosa, líquida o sólida. Así pues, para proteger a las personas y al medio ambiente y evitar que los desechos se conviertan en una carga para generaciones futuras, es importante gestionarlos de forma segura. (IAEA, Desechos radiactivos: aceptar el reto, 2014) (IAEA, Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: normas básicas internacionales de seguridad, 2011)

En México la gestión adecuada de los desechos radiactivos cumple con las etapas de recepción y recolección, caracterización, clasificación y segregación, tratamiento, acondicionamiento, calificación de bultos y almacenamiento final. Siendo el acondicionamiento, la etapa en la cual, los desechos son inmovilizados y envasados en contenedores metálicos apropiados para evitar su dispersión durante el transporte y almacenamiento. Los métodos de inmovilización más comunes son: cementación, bituminización, inmovilización en polímeros y vitrificación. En la Planta de Tratamiento de Desechos Radiactivos (PATRADER) del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), única institución en México autorizada para recibir y almacenar desechos radiactivos, solo se aplica el acondicionamiento usando concreto como material solidificante, es decir, cementación. (Emeterio Hernández, 2005)

La PATRADER no cuenta con un procedimiento definido para preparar los concretos con los que se inmovilizan algunos desechos radiactivos (González Neri, 2015). El Laboratorio de Desechos Radiactivos (LDR) del ININ, entre otras actividades, realiza investigación que ayuda en la definición de procedimientos de acondicionamiento de desechos radiactivos. Este laboratorio no cuenta con un equipo a nivel laboratorio para obtener muestras de estos concretos y caracterizarlos. Por lo anterior, se tiene la necesidad de diseñar un equipo que le permita al personal del LDR del ININ preparar muestras de mezclas de concreto, radiactivas o no, que disminuya el riesgo de contaminación de los operarios, lo que permitiría generar el procedimiento de inmovilización de desechos radiactivos con concreto.

Gracias a que el ININ abre sus puertas a la vinculación con diversas instituciones educativas, surge la oportunidad de colaborar con ellos en el diseño



y la construcción de una mini revolvedora para mezclas radiactivas de concreto como parte del proyecto SR-501- Determinación de emisores beta y alfa puros presentes en desechos radiactivos (etapa 2) en el Laboratorio de Desechos Radiactivos, perteneciente a la Gerencia de Seguridad Radiológica del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares bajo la tutela del Ing. Cecilio Duarte Alaniz.

Este trabajo únicamente consistió en el diseño del equipo para preparación de mezclas radiactivas de concreto, así como la colaboración y supervisión de su construcción. Las pruebas llevadas a cabo en la implantación fueron realizadas por personal autorizado y capacitado por el Laboratorio de Desechos Radiactivos.

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los capítulos que conforman esta tesis con la intención de presentar una visión general del desarrollo del proyecto.

En el capítulo I se presenta el marco teórico, en este se describen brevemente importantes conceptos sobre radiactividad y protección radiológica, generalidades del concreto, como se realiza el acondicionamiento de desechos radiactivos empleando este material, así como una breve explicación de lo que es una mezcla radiactiva de concreto, adentrándonos de este modo en un área de conocimiento que parece ajena al diseño pero que sirvió para comprender el contexto en el que habría de desarrollarse el presente trabajo. También se habla de motores y control de velocidad, conceptos involucrados en el desarrollo del proyecto. Todo ello, enmarca las bases para una mejor comprensión de la problemática a resolver.

En el capítulo II se trata todo lo relacionado al proceso de diseño, describiendo el mercado, detallando el concepto de diseño y enlistando los requerimientos. Cabe mencionar que la vinculación con un Instituto de Investigación, así como la colaboración con profesionales de otras áreas, permitió que el proyecto se llevara a cabo con resultados muy favorables, el desarrollo de las propuestas se vio enriquecido por propuestas y opiniones de diversos profesionales involucrados con el tratamiento de desechos radiactivos, logrando así la conformación de la propuesta final, y posteriormente la elaboración de planos y modelo virtual.

En el capítulo III se muestra la implantación del prototipo terminado, realizada en el entorno para el cual fue propuesto, demostrando sus características de funcionalidad así como sus oportunidades de mejora. También se presenta el desglose de costos totales generados en el desarrollo, construcción y prueba de la mini revolvedora.



Planteamiento del problema

Actualmente en el LDR del ININ se desarrollan proyectos para el diseño de concretos a usar en el acondicionamiento de algunos tipos de desechos radiactivos. Sin embargo el LDR no cuenta con un equipo que le permita obtener preparaciones de concreto para probar a nivel laboratorio. Contar con un equipo para tal fin, brindaría numerosos beneficios:

- Facilidad en el proceso de preparación de mezclas de concreto (radiactivas o no)
- Repetitividad de preparación de mezclas
- Disminución de riesgo de contaminación
- Disminución de dosis de irradiación de operarios
- Establecimiento de procedimientos

Por lo anterior, el diseño y construcción de la mini revolvedora representa una solución a diversas problemáticas del LDR.

Objetivo General

Diseñar una mini revolvedora para preparación de mezclas radiactivas de concreto y posteriormente supervisar la construcción e implantación de la misma dentro del LDR del ININ para llevar a cabo ajustes necesarios que permitan lograr un funcionamiento óptimo.

Objetivos Específicos

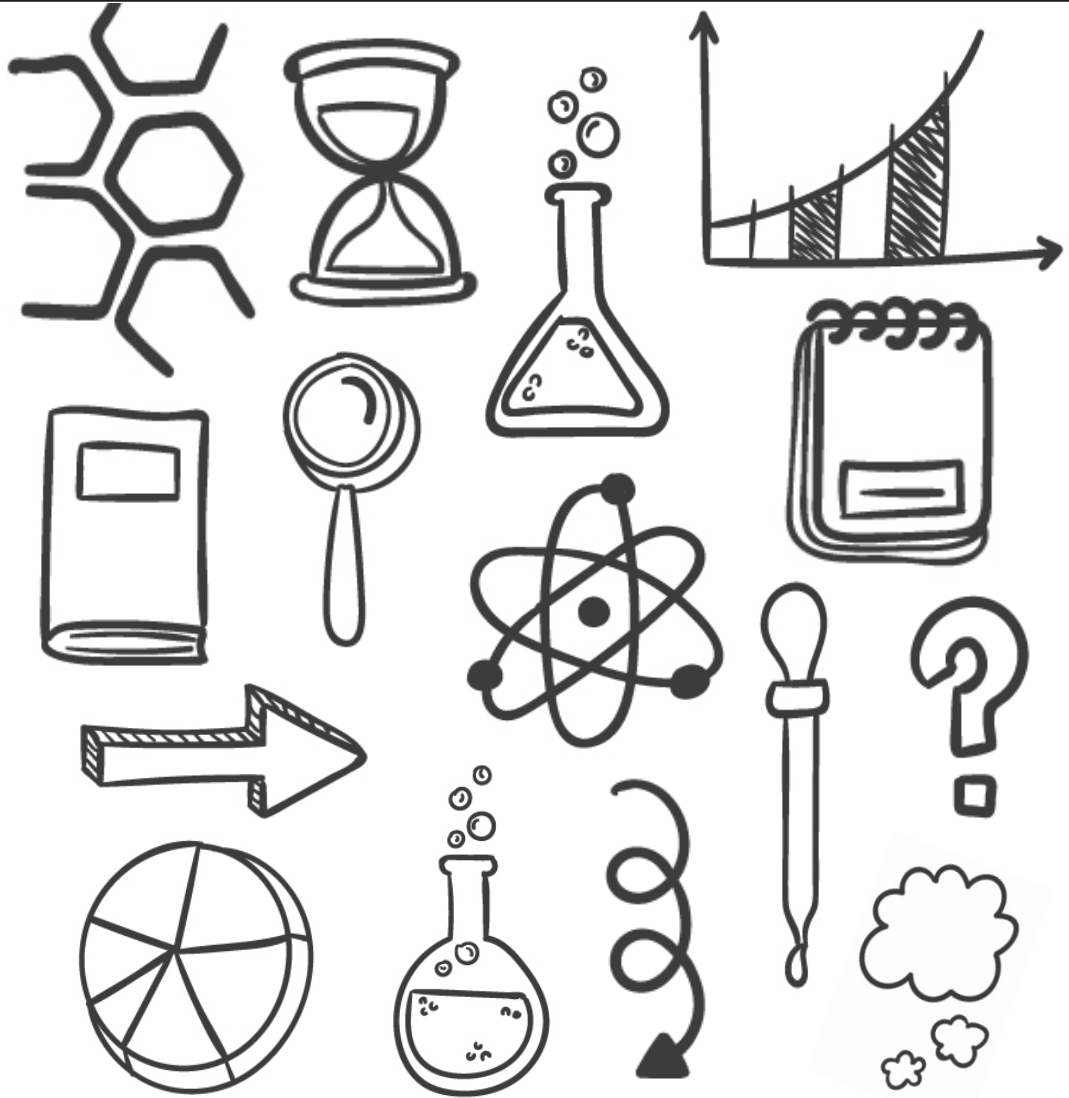
- Elaborar un marco teórico a partir de la investigación y redacción de conceptos básicos, necesarios para la comprensión y desarrollo del trabajo de diseño.
- Describir las características del contexto y el usuario para los que estará diseñado el producto con la intención de analizar las necesidades específicas y de este modo ofrecer una mejor solución al problema.
- Definir el problema de manera puntual para poder plantear las diferentes vías de solución.
- Establecer los requerimientos de diseño a los que será necesario apearse para elaborar propuestas de solución, realizando una clasificación de las necesidades a cubrir por el producto.



- Elaborar distintas propuestas de diseño, analizarlas en función de su viabilidad y funcionalidad para poder plantear una propuesta final.
- Elaborar el diseño a detalle de las piezas que conformarán el equipo (planos y renders) con el fin de contribuir a una construcción eficiente del prototipo.
- Construir el prototipo con los materiales planteados en los requerimientos.
- Realizar la implantación del producto, haciendo pruebas de funcionamiento dentro del contexto planteado que permitan detectar fallas y corregir errores.
- Una vez hechas las correcciones, probar que el equipo funciona en óptimas condiciones.



Capítulo I: Marco teórico





1.1 Conceptos básicos de radiactividad

La radiactividad es un fenómeno natural y las fuentes naturales de radiación son una característica del medio ambiente; es posible que gracias a ello la vida sea tal como la conocemos. La mayor parte de la radiación recibida por la población mundial proviene de fuentes naturales y es inevitable exponerse a la mayoría de ellas. Además, desde comienzos del siglo pasado se han producido artificialmente elementos radiactivos y diferentes tipos de radiaciones con diversos propósitos y aplicaciones, en su mayoría de gran beneficio, como son: la producción de energía, aplicaciones médicas, industriales y agrícolas. (Vasquez Barete) (González Sprinberg & Rabin Lema, 2011)

1.1.1 Radiación nuclear

La radiación nuclear es la emisión espontánea de partículas o radiación electromagnética originada desde un núcleo atómico. El núcleo emisor sufre sucesivas transformaciones antes de lograr una configuración estable, es decir, que alcanza un equilibrio adecuado entre protones y neutrones. (Duarte Alaniz, 2003) (H. Slabaugh & D. Parsons, 1987)

Existen fuentes naturales y artificiales de radiación. Las fuentes naturales, por ejemplo, son emitidas por los rayos cósmicos que llegan a la tierra desde el espacio, además de elementos químicos que naturalmente son radiactivos y que están presentes en el planeta, por ejemplo, potasio 40, rubidio 87, uranio 238 y radón 222. (González Sprinberg & Rabin Lema, 2011)

Gran parte de la radiación que recibimos surge de los materiales empleados en la construcción de casas y edificios, ya que dichos materiales se obtienen a partir de elementos naturales que contienen radionúclidos. (González Sprinberg & Rabin Lema, 2011)

Por otra parte, el agua, el aire y los alimentos que consumimos diariamente tienen en su composición pequeñas proporciones de elementos radiactivos. (González Sprinberg & Rabin Lema, 2011)

Tenemos también a las fuentes artificiales de radiación, que han sido creadas por el ser humano para su aplicación en diversas actividades: medicina, industria, minería, pruebas de armas nucleares, generación de energía, por mencionar algunas. Por ejemplo: los aparatos de radioterapia para tratamiento médico, aceleradores de electrones para aplicaciones industriales, generadores de neutrones para análisis de muestras, entre otras. (González Sprinberg & Rabin Lema, 2011) (Domínguez Anaya, 2013)

1.1.2 Principales tipos de radiación nuclear

- Partículas alfa (α)

Están formados por 2 neutrones y 2 protones. Pueden ser consideradas como núcleos de átomos de helio.

Un núcleo atómico radiactivo que emite una partícula α , pierde 2 protones y 2 neutrones, disminuyendo así 4 unidades de su masa atómica, como se observa en la Fig. 1.1. Este proceso convierte al átomo en otro elemento químico situado dos lugares a la izquierda de su colocación original en la tabla periódica. (Bulbulian, 1987) (Navarrete & Cabrera, 1993)

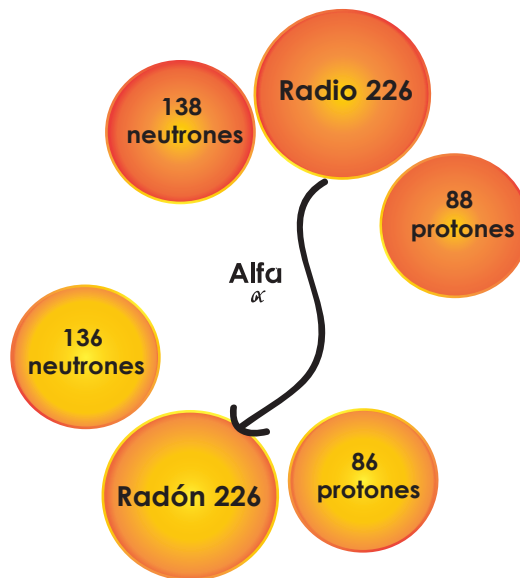


Fig. 1.1 Decaimiento alfa (Fuente: elaboración propia)

- Partículas beta (β)

Son partículas de masa igual a la de los electrones. Presentan carga negativa o positiva: (Bulbulian, 1987)

a) Negatrón (β^-). Es una partícula emitida por el núcleo, la cual aumenta 1 unidad su carga positiva, al transformar un neutrón en protón. Por tanto el número atómico aumenta 1 unidad, como se observa en la figura 1.2; el átomo se convierte en el elemento situado un lugar a la derecha en la tabla periódica y su número de masa permanece sensiblemente siendo el mismo. (Navarrete & Cabrera, 1993) (Bulbulian, 1987)

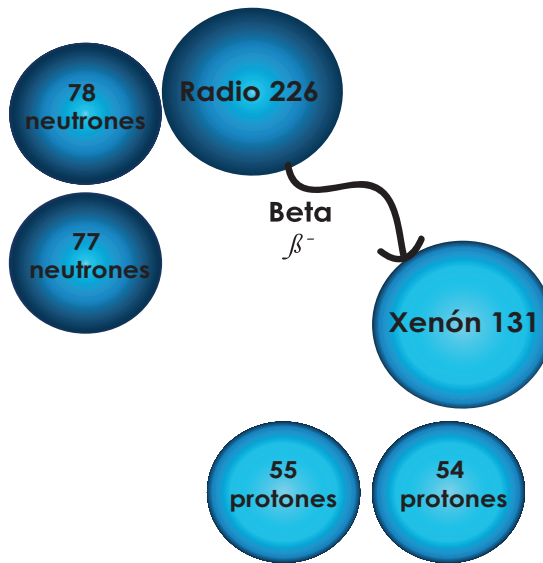


Figura 1.2 Decaimiento beta negativo (Fuente:elaboración propia)

b) Positrón (β^+). Es emitida cuando un protón se transforma en neutrón y una partícula de la misma masa que el electrón pero con carga positiva es emitida por el núcleo. El número atómico decrece una unidad y el elemento se recorre un lugar a la izquierda en la tabla periódica. (Navarrete & Cabrera, 1993) (Bulbulian, 1987)

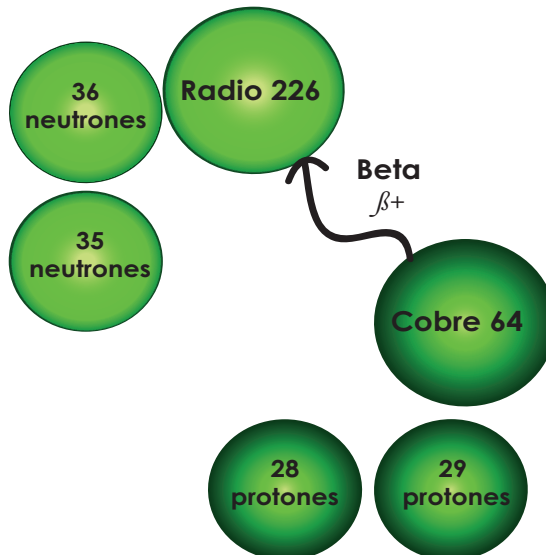


Figura 1.3 Decaimiento beta positivo (Fuente:elaboración propia)

- Radiación gamma (γ)

Las radiaciones electromagnéticas son emitidas por el núcleo, similares a los rayos X, la luz u ondas de radio, pero energía mucho mayor.

Cuando el núcleo de un átomo emite un rayo γ (sin masa ni carga), se altera su contenido energético pero no cambia su número de partículas, de modo que continúa siendo el mismo elemento químico. (Bulbulian, 1987) (Navarrete & Cabrera, 1993)

Cada una de las radiaciones nucleares alfa, beta y gamma se caracterizan también por su diferente poder de penetración en la materia. Las partículas alfa son frenadas por una hoja de papel; una hoja de aluminio de aproximadamente 1 mm de espesor absorbe casi en su totalidad la radiación beta que incide en ella; una placa de plomo que intercepta la radiación gamma, solo deja pasar una fracción diminuta de ella (Ver Figura 1.4). (Bulbulian, 1987)

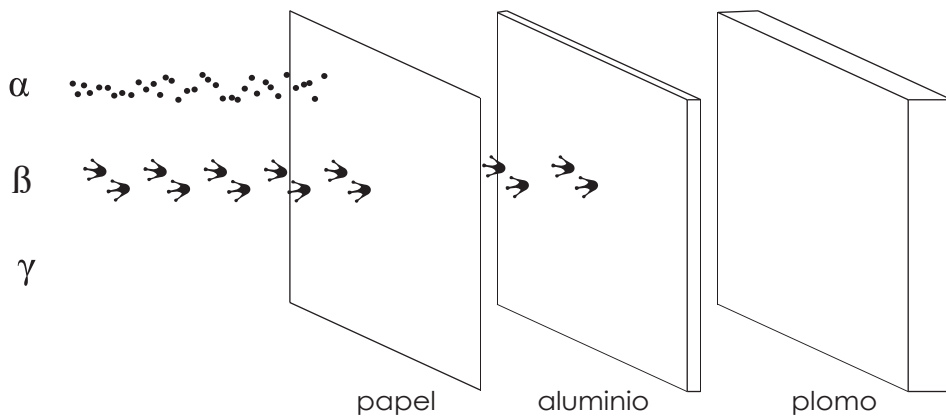


Figura 1.4 Capacidad de penetración de las partículas alfa, beta y gamma
(Fuente: elaboración propia)

- Neutrones

Son partículas sin carga emitidas con diversas energías. Proviene de procesos de fisión nucleares de metales pesados. (Duarte Alaniz, 2003)

1.1.3 Decaimiento radiactivo

El decaimiento radiactivo es la transformación de un núcleo cuando emite partículas cargadas o neutras, o cuando emite ondas electromagnéticas, perdiendo éste masa o pura energía y convirtiéndose en otro elemento, o sin convertirse pero adoptando otro estado de energía. Este proceso es espontáneo, al azar y no depende del estado químico ni de la condición física de los átomos que rodean ese núcleo. Se dice entonces que el núcleo

radiactivo decae al emitir cualquiera de esas radiaciones. (Bulbulian, 1987) (Duarte Alaniz, 2003)

Cada núcleo radiactivo de un mismo radioisótopo tiene la misma probabilidad de decaer en una unidad de tiempo. Esta probabilidad se mide por una constante de decaimiento, característica para cada especie radiactiva. (Navarrete & Cabrera, 1993)

1.1.4 Actividad

La actividad se define como el número de núcleos que decaen en una unidad de tiempo. (Navarrete & Cabrera, 1993)

1.1.5 Vida media de radisótopos

Es el tiempo en el que decaen la mitad de los átomos de una misma especie radiactiva, reduciéndose a la mitad de la actividad original. Después de haber transcurrido una vida media, solo se encuentra la mitad de la actividad que tenía originalmente; después de dos vidas medias solo la mitad de la mitad y así sucesivamente (ver Figura 1.5) hasta que el material radiactivo termina de decaer. La vida media se denota como $t_{1/2}$ (Bulbulian, 1987)

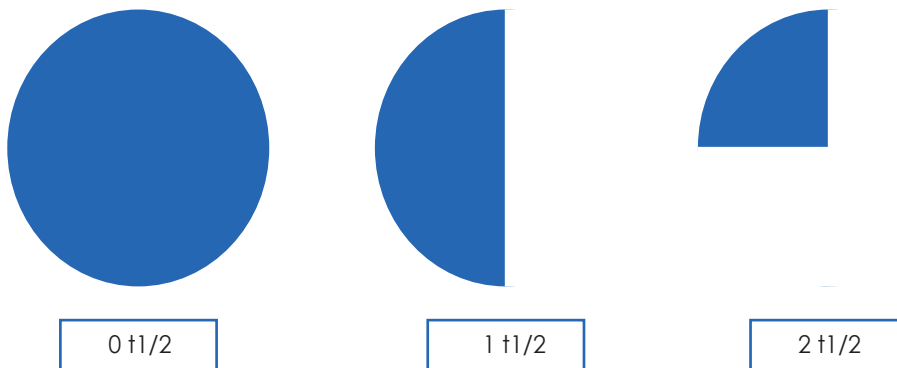


Figura 1.5 Descripción gráfica de la vida media (Fuente: elaboración propia)

1.1.6 Unidades de medición de la actividad

Para medir la radiactividad se mide la cantidad de material radiactivo que decae en la unidad de tiempo y comúnmente se hace referencia a este valor como actividad. Así se tienen definidas las siguientes unidades de actividad. (Duarte Alaniz, 2003)

Curie o Curio (Ci). Cualquier cantidad de material radiactivo que sufre 3.7×10^{10} descomposiciones por segundo (dps) lo que equivale a la velocidad de decaimiento de 1 g de radio. (Navarrete & Cabrera, 1993)

Rutherford (rd). Cualquier cantidad de material radiactivo que rinde 10^6 dps. (Navarrete & Cabrera, 1993)

Becquerel (baq). Cualquier cantidad de material radiactivo que sufre 1 dps. (Navarrete & Cabrera, 1993). Por normativa, esta es la unidad utilizada en México para medir la cantidad de material radiactivo.

1.1.7 Generalidades sobre Protección Radiológica

La creciente utilización de fuentes de radiación artificiales implica la exposición de trabajadores, población y medio ambiente en general a dichas radiaciones.

Para evitar los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, sin limitar las prácticas beneficiosas que estas puedan tener, es necesario establecer normas de seguridad que aseguren un nivel adecuado de protección a los individuos, a sus descendientes y al medio ambiente. Este es el principal objetivo de la Protección Radiológica y se explican a continuación los criterios en los que se fundamenta. (IAEA, Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: normas básicas internacionales de seguridad, 2011)

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP por sus siglas en inglés) recomienda un sistema de limitación de dosis, cuyo objetivo es garantizar que cada exposición a las radiaciones ionizantes esté justificada con respecto a los beneficios que produce, o bien, que toda exposición necesaria se mantenga tan baja como sea razonablemente posible y que las dosis equivalentes recibidas no excedan los límites especificados. Para limitar y reducir la exposición a la radiación a un mínimo posible se deben de considerar principalmente tres factores que determinan la exposición total que la persona recibe en un campo de radiación. Estos son: (Domínguez Anaya , 2013)

- Tiempo de permanencia en el campo de radiación
- Distancia entre la fuente radiactiva y la persona
- Blindaje presente entre la fuente radiactiva y la persona

(Ver Figuras 1.6, 1.7 y 1.8)



Figura 1.6 (Fuente: elaboración propia)



Figura 1.7 (Fuente: elaboración propia)

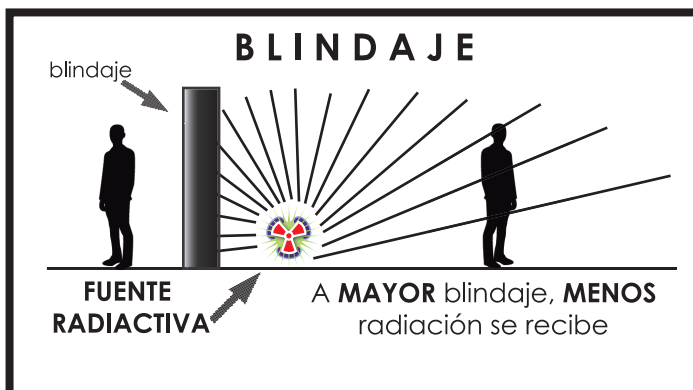


Figura 1.8 (Fuente: elaboración propia)

Las medidas de protección se inician desde la planeación de los trabajos a desarrollar con las fuentes radiactivas, es decir, desde la elección y diseño adecuado de las áreas de trabajo, de los materiales de las superficies, el uso de protección adecuado, así como un entrenamiento previo y apropiado para el personal, a fin de optimizar la metodología de trabajo para exponerse el menor tiempo y a la mayor distancia posible de la fuente radiactiva, todo esto combinado puede prevenir en gran medida la contaminación radiactiva y la irradiación. (Domínguez Anaya , 2013)

Se denomina irradiación a la acción de recibir radiación ionizante. Puede ser externa o interna.

La irradiación externa es la que recibe el organismo por fuentes exteriores al mismo. El riesgo dependerá de la dosis, el tipo de radiación y su poder de penetración, es por ello que los rayos gamma y los neutrones son los tipos de radiación que representan el peligro más común de irradiación externa, pues tienen energía suficiente para penetrar en el organismo irradiando cualquier órgano, a diferencia de las partículas beta que pueden o no representar peligro, dependiendo de su energía; o la radiación alfa que no se considera riesgosa, ya que es absorbida completamente por la capa muerta de la piel. (Domínguez Anaya , 2013)

La irradiación interna se presenta cuando por ejemplo, la fuente radiactiva se rompe debido a una mala manipulación y el material radiactivo ingresa al cuerpo por ingestión, inhalación, por absorción a través de la piel o bien a la sangre por algún corte o herida. El daño que puede ocasionar depende del tipo de radiación emitida, su energía, la vida media del radionúclido, su permanencia en el organismo y el órgano en el que se localice. (Domínguez Anaya , 2013)

La contaminación radiactiva se define como la presencia indeseable de sustancias radiactivas depositadas en superficies o contenidas en sólidos, líquidos o gases, incluido el cuerpo humano. A diferencia de la irradiación externa, que se extingue al dejar de estar expuesto a la fuente, un individuo contaminado continuará siendo irradiado en tanto no cese la contaminación. (NOM-012-STPS-2012, 2012) (Domínguez Anaya , 2013)

Las personas que son mayormente susceptibles a este tipo de riesgos, son denominadas Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), y definidas por la NOM-012-STPS-2012 como: aquel que en ejercicio y con motivo de su ocupación está expuesto a la radiación ionizante o a la incorporación de material radiactivo, y deberá cumplir los requisitos que establece el Reglamento General de Seguridad Radiológica (RGSR).

1.2 Desechos radiactivos

1.2.1 Definición desecho radiactivo

En México los desechos radiactivos se definen como cualquier material que contenga o esté contaminado con radionúclidos en concentraciones o niveles de radiactividad mayores a los señalados por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS), y para el cual no se prevé uso alguno. (NOM-035-NUCL-2013)

En el proceso de transformación que experimentan desde su generación hasta su disposición final, los desechos radiactivos pasan por varias fases de tratamiento en que se les da una forma estable, segura y manejable, apta para el transporte, el almacenamiento y la disposición final. (IAEA, Desechos radiactivos: aceptar el reto, 2014)

Los desechos radiactivos son un sub producto inevitable del uso de tecnologías nucleares para la producción de electricidad y para la aplicación de prácticas beneficiosas en la medicina, la agricultura, la investigación y la industria.



Fotografía: Magdalena Ablanedo Alcalá (Fuente: Boletín IAEA, Sep. 2014)

1.2.2 Normatividad

El marco normativo en el cual se basa la legislación mexicana en materia de seguridad y protección radiológica es el siguiente:

- Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear (Ley Nuclear)
- Reglamento General de Seguridad Radiológica (RGSR)
- Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

La normatividad mexicana está basada en las recomendaciones de los organismos internacionales en materia de protección y seguridad radiológica como son: la Comisión internacional de Protección Radiológica (ICRP por sus siglas en inglés), la Comisión Nacional sobre Protección Radiológica (NCRP por sus siglas en inglés) y la Organización Internacional de Energía Atómica (IAEA por sus siglas en inglés). (Domínguez Anaya , 2013)

La Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear (Ley Nuclear) establece que la seguridad es primordial en todas las actividades que involucren a la energía nuclear, debiendo tomarse en cuenta desde la planeación hasta el desmantelamiento de instalaciones nucleares y radiactivas.

Asimismo, la Ley indica que la seguridad radiológica tiene por objeto proteger a los trabajadores, a la población y a sus bienes, así como al ambiente en general, mediante la prevención y limitación de los efectos que puedan resultar de la exposición a la radiación ionizante.

En esta Ley se contempla el uso no energético de los materiales radiactivos, los cuales comprenden su utilización con propósitos industriales, médicos, agrícolas o de investigación.

En cuanto a la seguridad, da prioridad a las actividades relacionadas con los materiales y los desechos radiactivos. (Domínguez Anaya , 2013)

1.2.3 Clasificación de desechos radiactivos

La clasificación de los desechos radiactivos contenida en la NOM-004-NUCL-2013, establece criterios y requisitos con el fin de efectuar de manera segura las operaciones de manejo, tratamiento, acondicionamiento, transporte y almacenamiento temporal y definitivo de los mismos, definiendo cada una de las clases de desechos radiactivos, de acuerdo a su concentración, actividad y vida media de los radionúclidos presentes en:

a) Desechos radiactivos de Nivel Bajo: Clase A, Clase B y Clase C

Contienen cantidades despreciables de radionúclidos de vida media larga; producidos generalmente de la aplicación de radioisótopos en medi-

cina, industria e investigación. Producidos también en la generación de energía eléctrica. (Emeterio Hernández, 2005)

b) Desechos Radiactivos Nivel Intermedio

Desechos que se generan durante la operación de centrales nucleares de potencia. No generan suficiente calor para requerir enfriamiento pero su nivel de radiactividad hace necesario el uso de blindajes para su manipulación. (Emeterio Hernández, 2005)

c) Desechos Radiactivos de Nivel Alto

Proviene del combustible nuclear irradiado en un reactor, cuando se declare como desecho radiactivo.

También se consideran en este rubro desechos radiactivos líquidos o sólidos, resultantes del primer ciclo del proceso de extracción por solventes o de algún otro proceso, en una instalación para el reprocesamiento de combustible nuclear irradiado en un reactor nuclear, y los desechos sólidos resultantes de la solidificación de los desechos líquidos antes mencionados. (NORMA Oficial Mexicana NOM-004-NUCL-2013, Clasificación de los desechos Radiactivos, 2013)

d) Desechos mixtos

Son aquellos que contienen residuos peligrosos conforme a la NOM-052-ECOL-1993, en general son desechos radiactivos generados por las instituciones y empresas dedicadas a la investigación y aplicaciones de radionúclidos. (Emeterio Hernández, 2005)

e) Jales de uranio y torio.

Material resultante del proceso de minería. Los remanentes sólidos y líquidos de uranio en las rocas encajonantes y los líquidos del proceso de concentración es a lo que se conoce como jales, en los cuales el material remanente es el uranio y el torio. (Emeterio Hernández, 2005)

1.2.4 Gestión de desechos radiactivos

En el proceso de transformación que experimentan desde su generación hasta su disposición final, los desechos radiactivos pasan por varias fases de tratamiento en que se les da una forma estable, segura y manejable, apta para el transporte, el almacenamiento y la disposición final. (IAEA, 2014)

El objetivo final de la gestión de desechos consiste en inmovilizarlos y aislarlos del entorno humano y del medio ambiente en general, durante un periodo suficiente y en condiciones tales que cualquier liberación de radionúclidos no suponga un riesgo radiológico inaceptable para las personas ni para el medio ambiente. (ENRESA, 2000)

En México la gestión adecuada de los desechos radiactivos incluye varias etapas como las que se presentan en la figura 1.9



Figura 1.9 Etapas de la gestión de desechos radiactivos en México
(Fuente: elaboración propia)

Los desechos son recolectados y transportados en la instalación del generador a la Planta de Tratamiento de Desechos Radiactivos en un vehículo de transporte específico, tomando en cuenta el tipo de desecho, exposición, radioisótopo, cantidad de volumen y concentración radiactiva. Posteriormente se lleva a cabo la caracterización que consiste en verificar qué radionúclidos y en qué cantidad están presentes, ya que de esto depende el tipo de tratamiento al que serán sometidos. A continuación se clasifican en sólidos y líquidos; los sólidos a su vez en: comprensibles, incinerables y otros, y los líquidos en: orgánicos e inorgánicos. La etapa siguiente es el tratamiento, donde se busca disminuir la concentración del material radiactivo para minimizar la descarga de radioisótopos al ambiente. (Emeterio Hernández, 2005)

Posteriormente llegamos a la etapa del acondicionamiento, que es la parte del proceso en la que incide este trabajo, facilitando el proceso de caracterización de concretos para inmovilización de desechos radiactivos, pues antes de ser enviados al almacén, los desechos son inmovilizados y envasados en contenedores metálicos apropiados para evitar su dispersión durante el transporte y almacenamiento.

Los métodos de inmovilización más comunes son: cementación, bituminización, inmovilización en polímeros y vitrificación. En la siguiente tabla se presentan algunos agentes solidificantes así como el tipo de desechos en los que se aplican:

Agente solidificante	Tipo de desecho		
	Bajo	Intermedio	Alto
Concreto	X	X	X
Asfalto	X	X	
Resina urea	X	X	
Resina poliéster			X
Vidrio			X
Cerámica			X

Figura 1.10 (Fuente: Emeterio Hernández, 2005)

En la Planta de Tratamiento de Desechos Radiactivos del ININ, solo se aplica el acondicionamiento usando concreto como material solidificante. (Emeterio Hernández, 2005)



Figura 1.11 Desechos líquidos almacenados en la PATRADER (Fuente: Contacto Nuclear)

Una vez finalizada esta etapa, los bultos acondicionados deben ser calificados con distintas pruebas para asegurar su comportamiento adecuado a largo plazo en un almacén definitivo. (Emeterio Hernández, 2005)

Finalmente, se lleva a cabo la última fase de la gestión, que tiene como propósito principal aislar los desechos (previamente acondicionados y calificados) del medio ambiente humano, garantizando su contención efectiva durante 300 años. (Emeterio Hernández, 2005)

En la Planta de Tratamiento de Desechos Radiactivos (PATRADER) del ININ se emplean ciertas tecnologías de tratamiento de desechos radiactivos que forman parte del proceso de gestión, como son: la compactación, el decaimiento, la precipitación y la inmovilización; cada una de ellas se aplica para distintos materiales, dependiendo del tipo y nivel de contaminación que presenten. La técnica a destacar para fines de este trabajo es la inmovilización, pues como se explicó anteriormente, es necesario caracterizar los concretos a emplear para inmovilizar cada tipo de desecho.

Los desechos son inmovilizados mediante solidificación, embebido o encapsulamiento. Esta técnica se aplica para radisótopos con vidas medias de varios años, reduciendo las posibilidades de migración o dispersión de los radionúclidos durante la manipulación, el transporte, almacenamiento y la disposición final. (CADER). (Monroy Guzmán, Emeterio, & Pacheco Sotelo) (González Neri, 2015)

Para el ININ es de vital importancia aplicar nuevas técnicas de gestión de desechos radiactivos que permitan su tratamiento para disminuir su volumen y poder ser aislados y confinados en un lugar adecuado que evite su dispersión incontrolada hacia la biosfera. Por tanto, se reconoce la importancia de implementar el diseño de dispositivos que contribuyan a facilitar, estandarizar y optimizar estas tareas. (Monroy Guzmán, Emeterio, & Pacheco Sotelo)

1.3 Concretos y desechos radiactivos

1.3.1 Definición de concreto

El concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para que fragüe y se endurezca, obteniendo de este modo un producto resistente, durable, fácil de transportar, compactar y dar acabado. (IMCYC, 2004)

La cantidad de cada ingrediente en la mezcla (es decir, cemento, agua y agregados) afecta las propiedades del concreto fresco y/o endurecido. Algunas veces se añaden ciertas sustancias llamadas aditivos que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (IMCYC, 2004)

Actualmente el concreto es el material de ingeniería más extensamente usado, gracias a importantes características, tales como: excelente resistencia al agua, facilidad para ser moldeado en una variedad de formas y tamaños, además de ser un material muy económico. Las posibilidades del concreto son cada día mayores pudiendo en la actualidad ser utilizado para una amplia variedad de propósitos. (Kumar Metha & Monteiro, 1998)

Propiedades del concreto:

- **Trabajabilidad:** Es la facilidad que presenta el concreto para ser mezclado, compactado, y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.
- **Consistencia:** Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.
- **Segregación.** Es una propiedad del concreto fresco que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero. La segregación es una función en la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuanto más seca lo es.
- **Resistencia.** La resistencia del concreto se mide sometándolo a pruebas de compresión y es definida como la carga máxima por unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar a la compresión (agrietamiento, rotura).
- **Exudación.** Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla a la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma. De la utilización de aditivos, y de la temperatura, entre mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.
- **Durabilidad.** El concreto debe ser capaz de resistir a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio.
- **Impermeabilidad.** Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacío y cavidades después de la evaporación y si están interconectadas el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire así como un curado adecuado por un tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad.

- Mezclado. El mezclado del concreto tiene por finalidad cubrir la superficie de los agregados con la pasta de cemento, produciendo una mezcla homogénea. Hay dos formas de producir el mezclado: una es manual y otra con equipo mecánico. De estos dos procedimientos el más recomendable es trabajar con equipo mecánico (revolvedora), porque con él se logran los objetivos de mezclado descritos anteriormente, además, estandariza procedimientos, asegurando que puedan repetirse.

1.3.2 ¿Qué es una mezcla radiactiva de concreto?

Se ha definido en puntos anteriores los conceptos de radiactividad y concreto, así que para facilitar la comprensión de este concepto, definiremos también qué es una mezcla.

Una mezcla es la combinación de dos o más componentes que no se combinan químicamente pero que pueden reaccionar entre sí en determinadas condiciones ambientales.

Concluyendo, tenemos que una mezcla radiactiva de concreto es el material resultante de la combinación entre cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire, agua y material radiactivo. La sustancia radiactiva puede ser integrada a la mezcla en forma líquida: suspensión, solución; sólida: polvo, gránulos de diversos tamaños o piezas maquinadas; dilución o suspensión sólido-líquido y también en distintos momentos de la preparación dependiendo del procedimiento a seguir.

1.3.3 Acondicionamiento de Desechos Radiactivos con concreto

Las matrices más utilizadas en el mundo para el acondicionamiento de desechos radiactivos de baja y media actividad son el concreto, el asfalto y los polímeros, su función consiste en inmovilizar los radionúclidos presentes en los desechos radiactivos, por lo que debe tener propiedades que permitan: a) inmovilizar todos los componentes del desecho b) ser químicamente inerte, c) tener resistencia al fuego, d) poseer buenas propiedades mecánicas, e) ser estable frente a las radiaciones f) ser insoluble en agua y g) tener una buena transmisión de calor. (ENRESA, 2000)

Un estudio realizado en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT por sus siglas en inglés) y el Laboratorio de Ciencias de Materiales Multi Escala para la Energía y el Ambiente (MSE por sus siglas en inglés) se encontró que el concreto presenta una solución efectiva para el confinamiento de los desechos radiactivos de nivel alto.

Comparado con materiales específicamente diseñados para la contención de desechos radiactivos como el vidrio o la cerámica, el concreto es barato, fácil de producir, fácil de formular y cuenta con el beneficio de siglos de uso. (Kress, 2014)

La urgencia de encontrar un material abundante y estable hace del concreto una atractiva solución para el acondicionamiento de desechos radiactivos, como lo dice el equipo de investigadores del MIT. (Kress, 2014)

1.4 Dinámica (momento de torsión)

Para hacer que un objeto en reposo se mueva, es necesario aplicar una fuerza. Para hacer que un objeto en reposo comience a girar es necesario aplicar un momento de torsión. (G. Hewitt, 2004)

Momento es la tendencia de una fuerza a causar la rotación o giro de un cuerpo alrededor de un punto o eje dado. La magnitud del momento de una fuerza con respecto a un punto o eje dado, es la magnitud de la fuerza (kg, ton, etc.) multiplicada por la distancia perpendicular (cm, m, etc.) entre la línea de acción de la fuerza y el punto o eje considerados. El punto o eje con respecto al cual la fuerza tiende a causar el giro, se llama centro de momentos. La distancia perpendicular entre la línea de acción de la fuerza y el centro de momentos se llama brazo de palanca. (Harry Parker, 1984) Esto es:

Momento de torsión = brazo de palanca x magnitud de la fuerza

Cuando la fuerza resultante tiende a causar un movimiento en la dirección del movimiento de las manecillas del reloj, con respecto al punto o eje, se le denomina momento positivo. En cambio, cuando la fuerza resultante tiende a causar un giro en el sentido contrario a las manecillas del reloj, se le llama momento negativo. (Harry Parker, 1984)

Un momento puede incrementarse aumentando ya sea la magnitud de la fuerza o la longitud del brazo de palanca. (Harry Parker, 1984)

1.5 Control de velocidad de motores

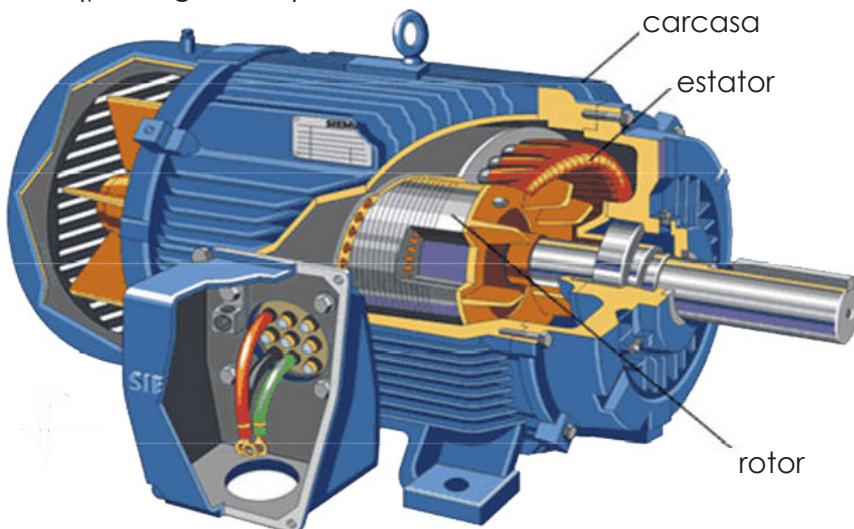
1.5.1 Motor de Corriente Directa

Un motor de corriente directa es una máquina eléctrica y una máquina

eléctrica es un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. Cuando este dispositivo se utiliza para convertir energía mecánica en energía eléctrica se denomina generador, cuando convierte energía eléctrica en energía mecánica se llama motor. (Enríquez Harper, 2002)

Los motores están constituidos por dos partes principales:

- El estator (parte estacionaria)
- El rotor (parte giratoria)



<https://magnetismoymagnetismo.blogspot.mx/2012/05/motor-de-corriente-directa-cd.html>

Los motores de corriente directa operan bajo el principio de que un conductor colocado dentro de un campo magnético experimenta una fuerza cuando una corriente circula por el mismo. (Enríquez Harper, 2002)

En general, el rotor del motor queda dentro del campo magnético creado por el estator. Se induce una corriente dentro del rotor y la fuerza resultante produce la rotación. (Enríquez Harper, 2002)

En este trabajo se usará un motor de corriente directa pues sus características eléctricas, de arranque y tamaño (potencia) son la más apropiadas para el presente proyecto.

1.5.2 Reguladores de voltaje

Los componentes eléctricos de los aparatos suelen fabricarse para aceptar ciertos voltajes máximos y pueden dañarse por picos muy altos de tensión. Por el contrario, los voltajes bajos pueden proveer energía insuficiente

para que los dispositivos funcionen adecuadamente. Los reguladores de voltaje son elementos electromagnéticos que mantienen el voltaje estabilizado y libre de variaciones dentro de un rango que los dispositivos puedan aceptar de forma segura y para un funcionamiento adecuado. (Electrónica-básica.com, 2006)



Capítulo II: Método de diseño



<http://www.avante.es/design-thinking/>



2.1 Mercado

Debido a la vinculación realizada con el ININ para el desarrollo de este proyecto de tesis, se observa que las características que exige son muy específicas debido al contexto y al usuario que habrá de operar el equipo. Se describen a continuación las características generales del entorno, tanto del espacio físico, que es en este caso el Laboratorio de Desechos Radiactivos (LDR), así como del usuario, que es el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE).

El LDR es el área del ININ dedicada al estudio, investigación y desarrollo de procesos y metodologías para el tratamiento de desechos radiactivos, también lleva a cabo la caracterización radiológica y físico química de desechos radiactivos de todo tipo en cada una de las etapas de su gestión, así como el desarrollo tecnológico de procesos para la gestión de los mismos.

El personal del Laboratorio de Desechos Radiactivos del ININ es considerado como POE debido a las actividades que realizan manejando materiales radiactivos para un correcto proceso de gestión de desechos radiactivos. La NOM-012-STPS-2012 define POE como: aquellos trabajadores que en ejercicio y con motivo de su ocupación están expuestos, de manera permanente a la radiación ionizante. Quedan excluidos los trabajadores que ocasionalmente en el curso de su trabajo puedan estar expuestos a ese tipo de radiación, siempre que el equivalente de dosis efectivo anual que reciban no exceda el límite previsto en el Reglamento General de Seguridad Radiológica para el público.

El POE tiene la obligación de cumplir con las normas de seguridad establecidas en el manual de seguridad y protección radiológica así como lo previsto por el RGSR. Además, de ser necesario o para llevar a cabo ciertos procedimientos, el personal deberá usar equipo anti contaminación, que puede comprender: bata de laboratorio, cubretodo u overol, guantes de cirujano o de hule, guantes de tela, botas de hule, cubrepelo, cubreboca, capucha de tela, lentes protectores, respirador, mascarilla y careta.

2.2 Pre figuración

2.2.1 Análisis de la actividad

Actualmente en el LDR se han preparado probetas de concretos con las que es posible realizar pruebas de caracterización, siguiendo el procedimiento establecido por la PATRADER.

Las probetas se elaboraron siguiendo los lineamientos de la norma ASTM C-39, la cual indica las características que deben cumplir los especímenes de concreto. Se usó un tubo de PVC de 45 mm de diámetro, con una longitud de 90 mm, colocando un tapón de 50 mm. de diámetro sellado con cinta adhesiva para evitar derrames (ver figura 1.12). (González Neri, 2015)



Figura 1.12 Molde para hacer probetas de concreto. Fuente: González Neri, 2015

El proceso de elaboración de la mezcla se llevó a cabo dentro de una caja de guantes, usando además el equipo de seguridad reglamentario para el trabajo en el LDR: bata, guantes y lentes de seguridad y se siguieron los siguientes pasos:

1. Sobre una superficie plana y libre de humedad se colocó 1.5 kg de arena, 1.5 kg de cemento, 1.8 kg de grava y se mezclaron estos elementos con una cuchara de albañil.
2. Se agregó lentamente 1.3 L de agua hasta humedecer todos los ingredientes y se revolvió nuevamente con la cuchara de albañil hasta obtener una mezcla homogénea.
3. Posteriormente se procede al llenado de probetas con ayuda de la cuchara y una espátula.
4. Una vez llenas y vigilando que se eliminen las burbujas generadas por el vaciado, se dejan fraguar por 28 días antes de realizar las pruebas de caracterización. (González Neri, 2015)

2.2.1 Delimitación del problema

- ¿Qué?

Mini revolvedora para mezclas radiactivas de concreto

- ¿Por qué?

No existe un equipo que le permita al personal del LDR del ININ preparar muestras de concreto para probar a nivel laboratorio, de manera eficiente, rápida y segura, estandarizando procesos y evitando el riesgo de contaminación en los operarios.

- ¿Para quién?

Para el personal técnico del LDR del ININ

- ¿Dónde?

En el LDR del ININ

- ¿Cuándo?

En el periodo de Marzo 2016 a Marzo 2017

- ¿Cómo?

A través de la vinculación y el trabajo colaborativo con el personal del ININ

2.2.2 Análisis de productos análogos

A continuación se analizan diversos productos que realizan una función similar a la que se busca que realice la mini revoladora, observando las características principales de funcionamiento, tamaño y costo que ofrecen un punto de referencia y comparación para el desarrollo del equipo.



Cuchara de albañil

Material: Acero alto carbono

Ventajas: +Bajo costo
+Facilidad de manejo

Desventajas: -Riesgo de salpicaduras
-No garantiza un buen mezclado
-No garantiza repetitividad entre mezclas

Escala laboratorio: Sí

Costo aproximado: \$245



Revolvedora power mix

Material: Acero

Capacidad de mezcla: 255 Lt

Velocidad: 2400 RPM (motor)

Ventajas: +Rapidez de mezclado
+Estandariza el proceso
+Fácil de manipular
+Se puede transportar de un lugar a otro

Desventajas: -Difícil limpieza
-Requiere de un espacio para ser instalada

Escala laboratorio: No

Costo aproximado: \$35442

Revolvedora BAMA

Material: Varios

Capacidad: 80 Lt

Velocidad: no especificada

Ventajas: +Permite hacer mezclas homogéneas
+El mecanismo de mezclado permite al mismo tiempo una limpieza total del contenedor

Desventajas: -Es mejor mezclando sustancias en seco
-Requiere de un espacio considerable para ser instalada

Escala laboratorio: No

Costo aproximado: no especificado





Camión con olla revolvedora de concreto

Material: Acero Ar 200

Capacidad: 480 Lt

Velocidad: no especificada

Ventajas: +Prepara mezclas homogéneas en grandes cantidades

+Se puede transportar la mezcla al lugar donde se necesite

+Cableado entubado, protegido a golpes, clima y evita cortos circuitos

+Durabilidad

+Refacciones fáciles de conseguir

Desventajas: -Difícil de manipular

-Alto costo

-Difícil limpieza

-Ocupa mucho espacio

Escala laboratorio: No

Costo aproximado: \$1'200,000

Como se observa, las opciones de revolvedoras disponibles en el mercado están pensadas para mezclar grandes cantidades de concreto. No se encontró algún producto que se pudiera emplear a nivel laboratorio para llevar a cabo dicha tarea, a excepción de la cuchara para albañil que, cabe mencionar, se ha empleado con anterioridad en el LDR para preparar pequeñas cantidades de concreto, con resultados irregulares que producen variaciones considerables en las pruebas aplicadas a nivel laboratorio y dificultan la repetitividad del proceso.

2.2.3 Requerimientos de diseño

De acuerdo con Max Bens y Elisabeth Walther un objeto diseñado depende de tres parámetros: del material, de la forma y de la función. De modo que el diseño del objeto puede manipularse en tres dimensiones. La dimensión material de la materia, la dimensión semántica de la forma y la dimensión técnica de la función.

Acorde a esta descripción, se enlistan a continuación los requerimientos de diseño que se definieron después de presentar diferentes alternativas al personal técnico del Departamento de Desechos Radiactivos y recibir de ellos sugerencias y observaciones, discutir e intercambiar opiniones; concretando así aquellas características que resultarían indispensables en el desarrollo del prototipo.

Dimensión semántica

- Deberá tener un contenedor con una forma similar a las ollas de las revolventoras comunes pero a escala adecuada para contener 2 litros de mezcla.
- El contenedor deberá tener una tapa que se ajuste perfectamente a él.
- El contenedor deberá contar con una estructura que permita unirse al motor a través de un mecanismo que le permitirá girar.
- El contenedor junto con la estructura que le permite girar, deberá ser sostenido por un soporte vertical, cuya medida permita aguantar el peso de la revolventora llena y en movimiento, dándole estabilidad.
- Deberá tener unas aspas con la forma del perfil interior del contenedor.
- La mini revolventora estará contenida dentro de una caja de acrílico rectangular con espacio suficiente para manipular en su interior los ingredientes, partes mecánicas y la mezcla preparada.
- Las caras de dicha caja deberán ensamblarse en una estructura de acero inoxidable a través de tornillos para poder montarlas y desmontarlas cuando sea necesario.
- La caja deberá tener una puerta frontal por la que se puedan introducir materiales y accesorios necesarios para la mezcla y el vaciado.
- También tendrá 4 accesos por donde puedan entrar los brazos de una persona (dos en la cara frontal, uno en la cara lateral y uno más en la cara superior).

Dimensión material

- Los materiales con que habrá de construirse la mini revolventora deberán tener resistencia mecánica suficiente y ser tan ligeros como sea posible. Se sugiere: acero inoxidable ASTM 304 calibre 20 para las piezas que entrarán en contacto con la mezcla radiactiva y aluminio de 1/4" – 1/8" para los soportes estructurales.
- Deberá tener un acabado pulido y sin pintar.
- La tapa del contenedor deberá sellar herméticamente gracias a un empaque y con ayuda de broches de tracción.
- Las caras de la caja donde estará contenida la mini revolventora deberán ser de acrílico transparente de 5mm.

- La tapa de la puerta situada en la cara frontal de la caja deberá cerrarse con un broche (clamp) horizontal.
- Entre la estructura de acero inoxidable y la caja de acrílico deberán colocarse unos empaques para asegurar un cierre hermético, al igual que en la puerta.
- Toda la herrería utilizada en la construcción del equipo deberá de ser de acero inoxidable para una mayor durabilidad y facilidad de limpieza.
- El diseño deberá ser factible de construir en el Departamento de Fabricación de prototipos del ININ.

Dimensión técnica

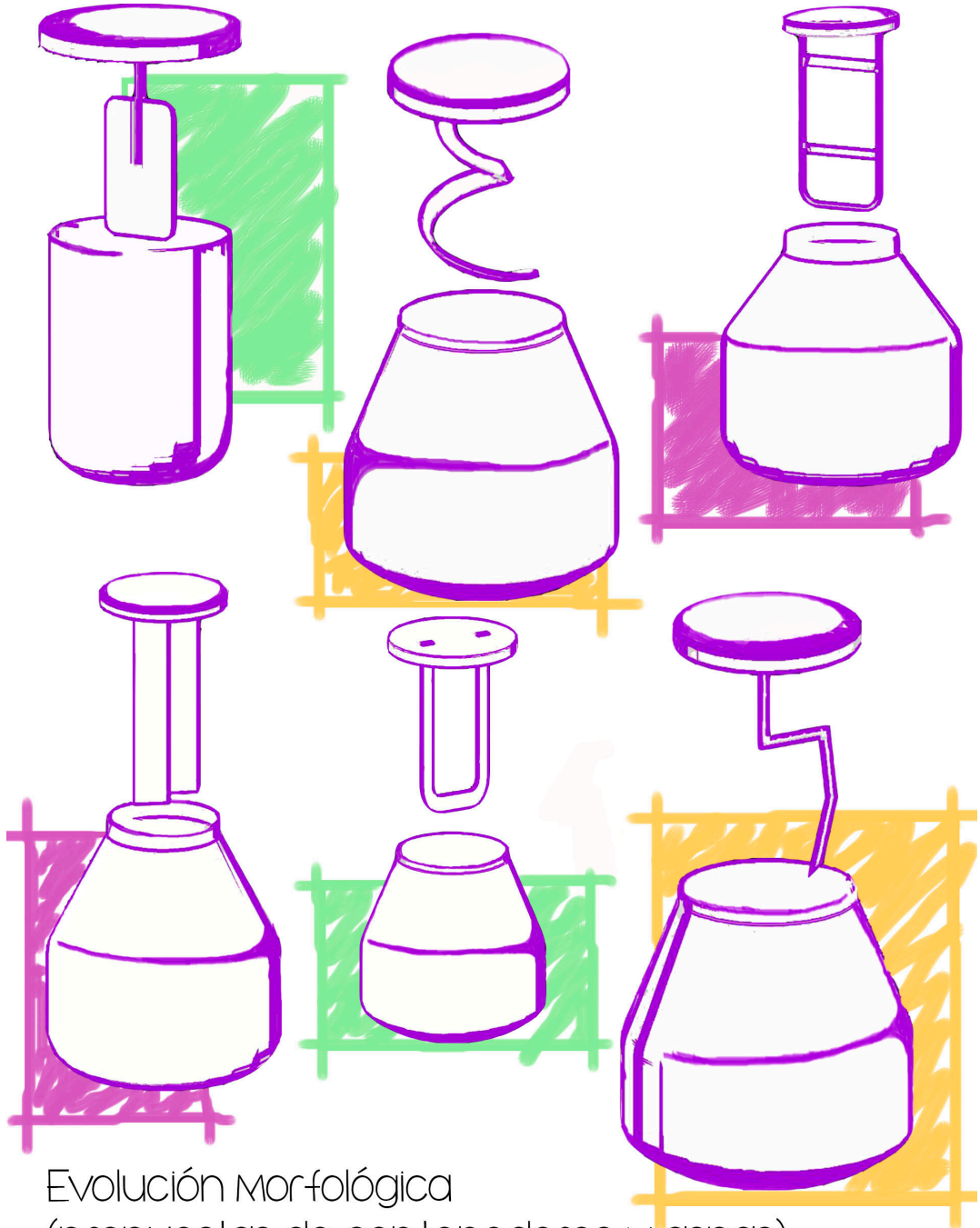
- La mini revolvedora deberá ser operada a través de un control de velocidades.
- El giro del contenedor será provisto por un motor de 12 V de CD con torque y potencia suficientes para asegurar su correcta funcionalidad.
- El control de velocidad deberá permanecer a la vista y alcance del operador pero fuera de la zona de mezcla.
- El control de velocidad deberá contener en su interfaz los elementos gráficos necesarios para facilitar su manipulación.
- Deberá contar con una manivela que permita posicionar el contenedor para verter ingredientes, para mezclar y para vaciar la mezcla.
- Las aspas que irán al interior del contenedor deberán contar con un mecanismo que les permita replegarse para introducir y sacar del contenedor, además de desplegarse durante la operación de mezclado.
- Deberán considerarse los aspectos más importantes de la protección radiológica (tiempo, distancia y blindaje). De igual manera evaluar el riesgo de contaminación.
- Deberá planearse la secuencia de uso para que los movimientos a realizar hagan que el trabajo se lleve a cabo de una manera eficiente, ordenada y confortable.

2.2.4 Concepto de diseño

Equipo para preparación de mezclas radiactivas de concreto que disminuya el riesgo de contaminación tanto en el espacio de trabajo como en los operarios y permita estandarizar el proceso de elaboración de dichas mezclas (al ser pruebas experimentales, sus ingredientes y el orden en el que se mezclarán no están definidos).

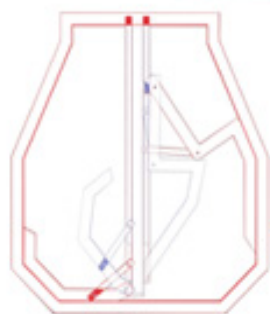
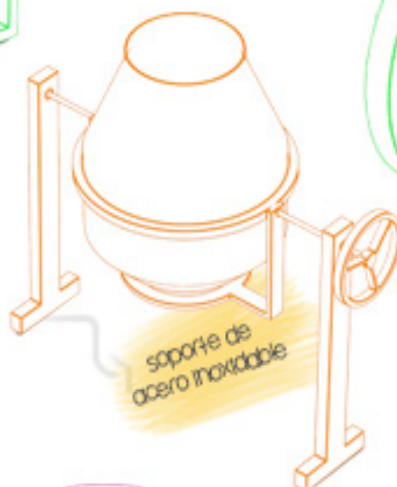
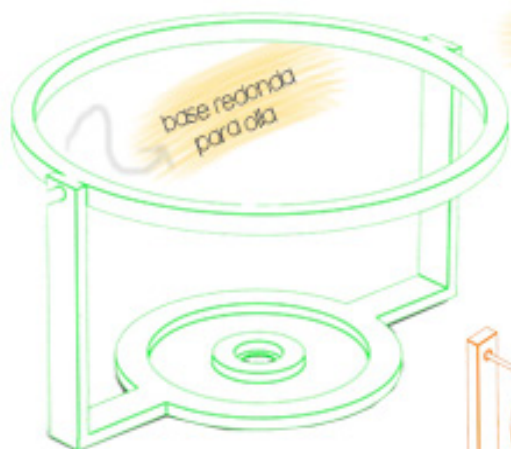
2.3 Figuración

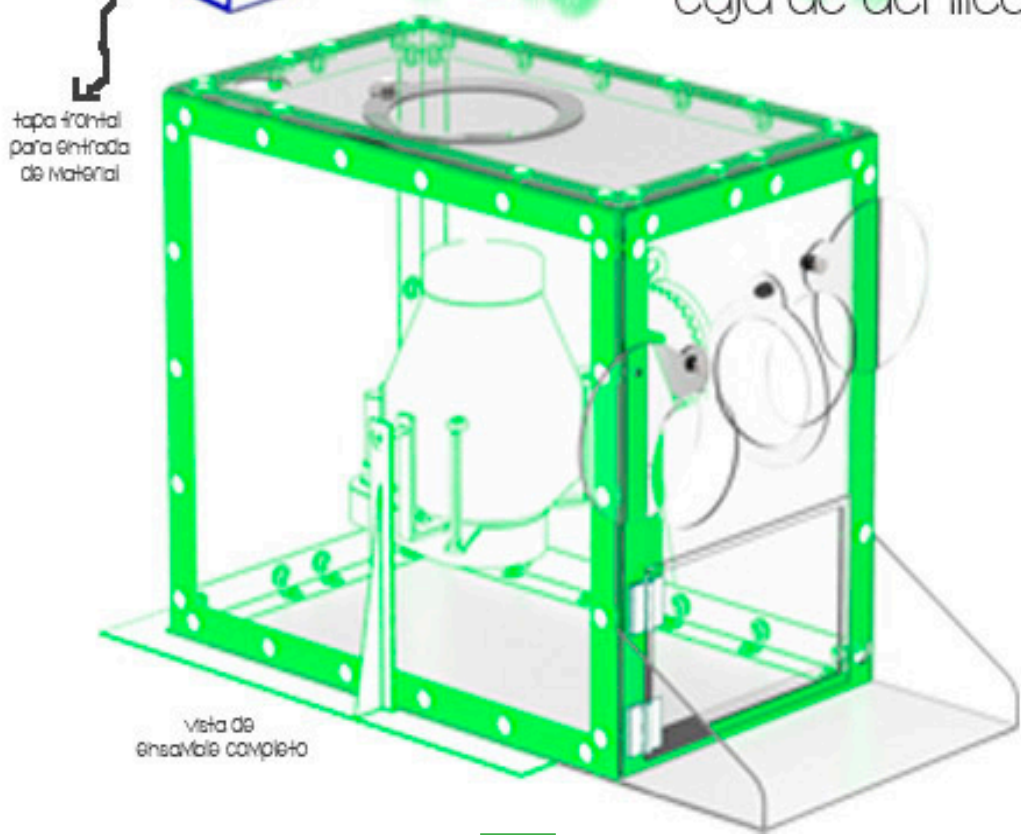
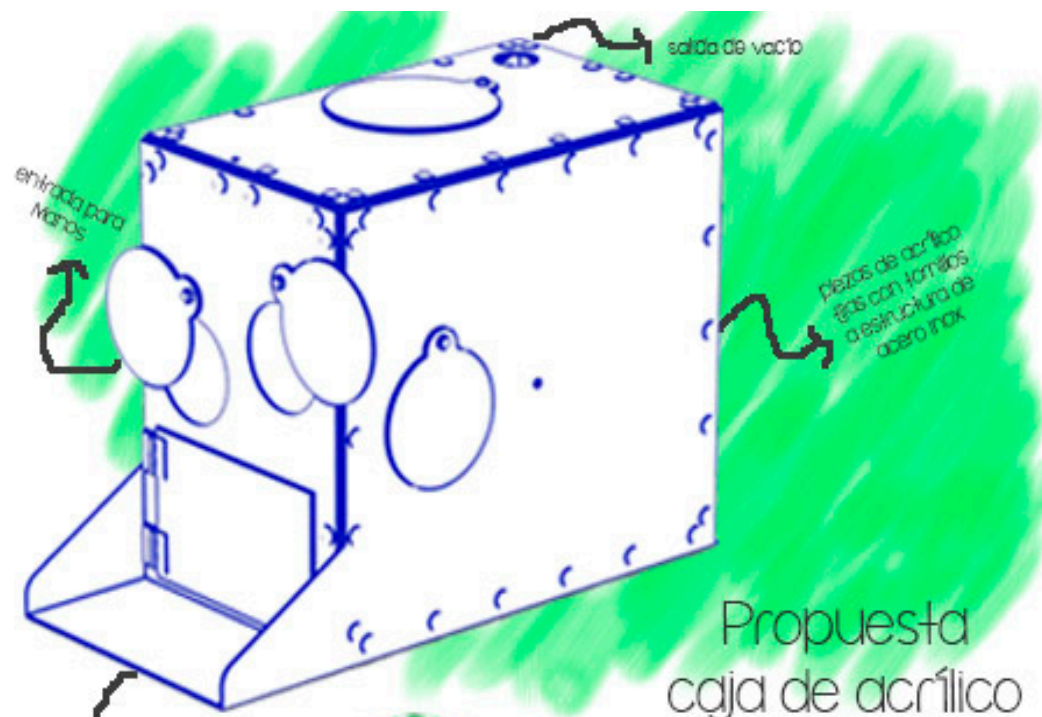
2.3.1 Alternativas de diseño



Evolución morfológica
(propuestas de contenedores y aspas)

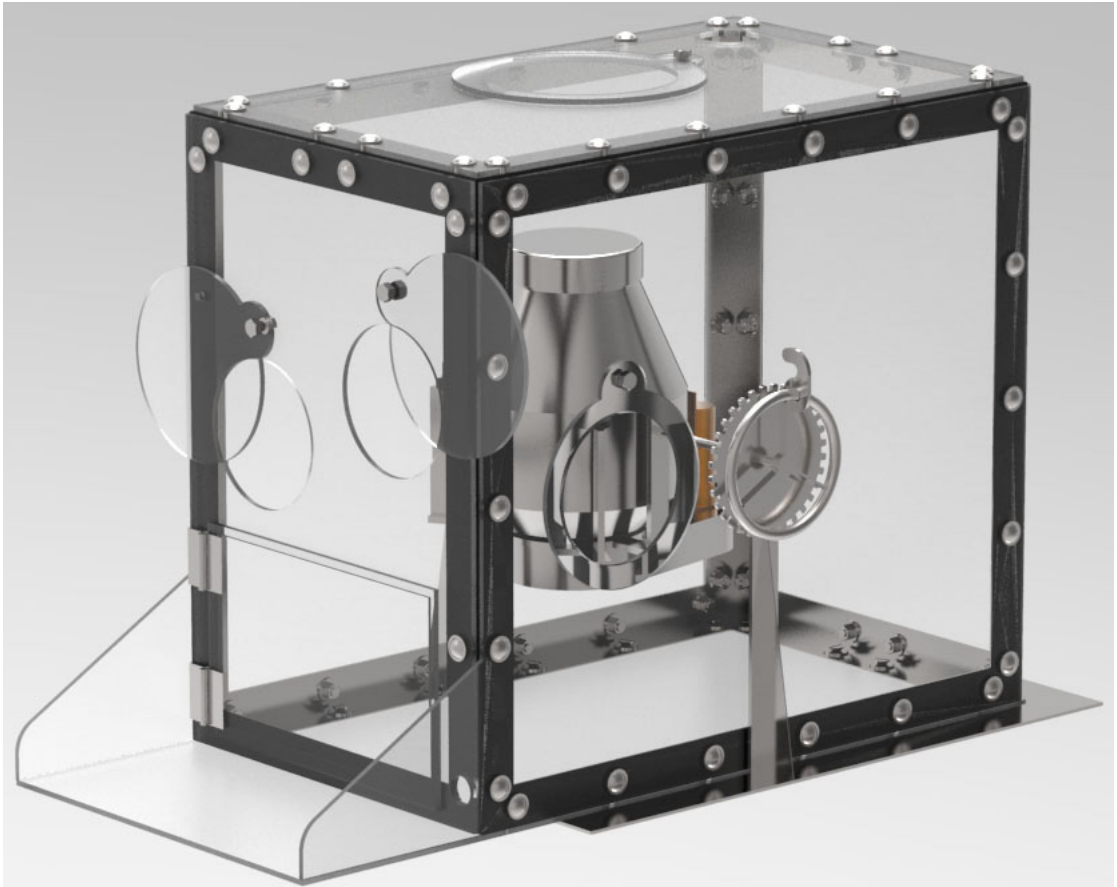
Exploración de soportes y Mecanismos





2.3.2 Alternativa final

Después de haber realizado el desarrollo de las diferentes propuestas, se analizaron sus ventajas, desventajas y si cumplen o no con los requerimientos establecidos, sometiéndolas a la opinión del personal del laboratorio, así como otros profesionales del Departamento de Desechos Radiactivos, lo cual, permitió aterrizar las ideas y fusionar las mejores en una propuesta final del prototipo que se habría que fabricar.



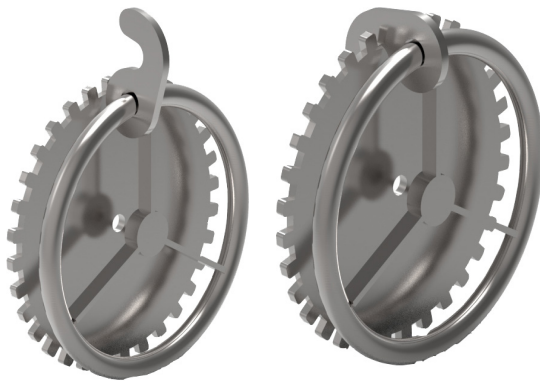
Modelo virtual de alternativa final (elaboración propia)

Podemos observar una estructura de acero inoxidable que sostiene a través de un eje al soporte donde se ensambla la olla. En la parte inferior se encuentra la transmisión vía cadena que está cubierta por un protector para que en caso de derrames el sistema no se vea afectado. La posición de la revoladora puede ser manipulada a través de una manivela situada del lado derecho y que cuenta con un seguro que ensambla en una rueda dentada tipo engrane que le permite quedar fija en la inclinación desea-

da. Todo esto, cubierto por una caja de acrílico transparente que cuenta con dos entradas frontales, una lateral y una superior para las manos, así como una puerta por donde se pueden introducir o sustraer los materiales necesarios.

A continuación se observan los detalles de los mecanismos más importantes con los que cuenta el equipo.

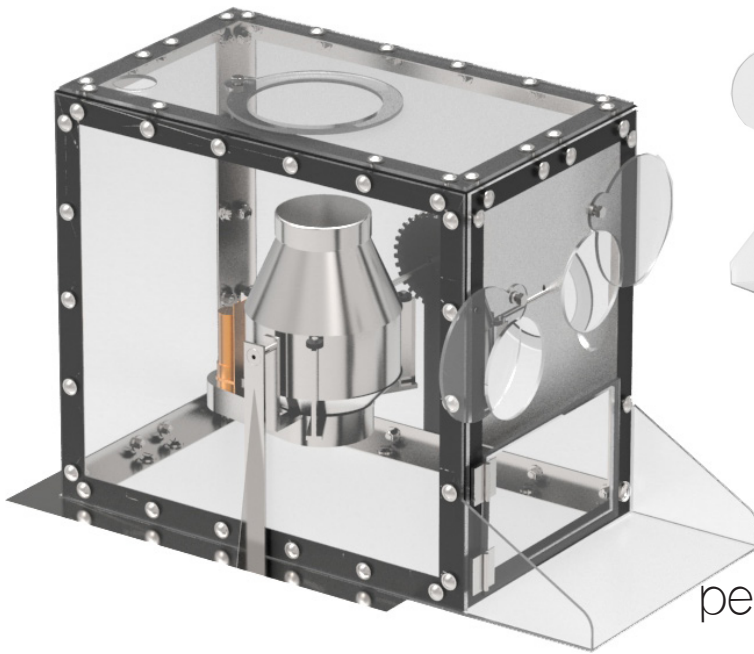
Detalle aspas abatibles



Detalle volante y seguro para manivela

Detalle transmisión con cadena

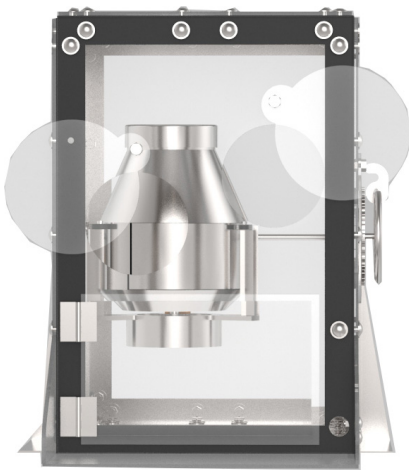




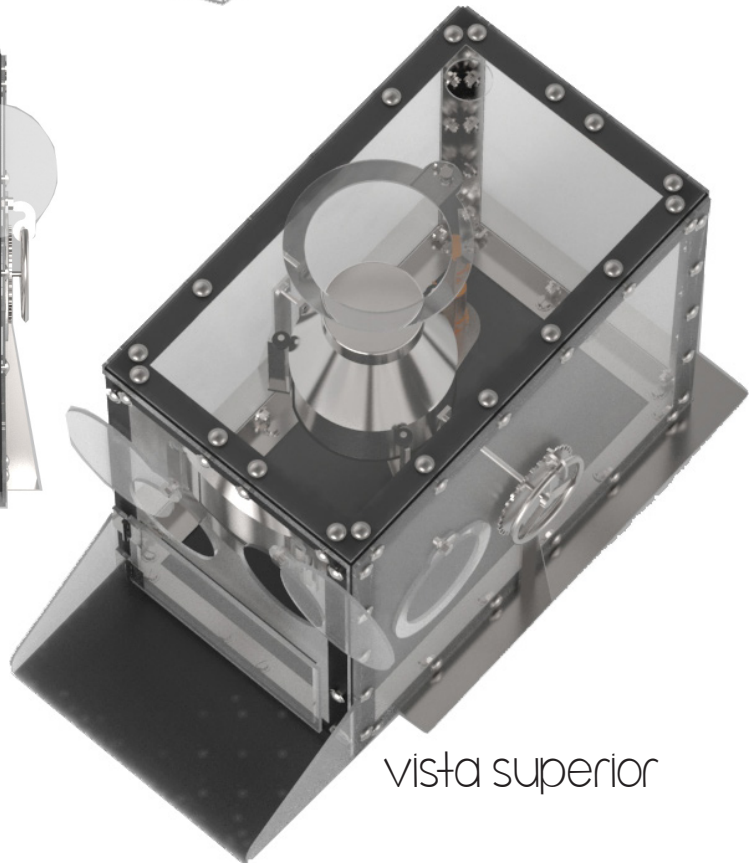
perspectiva



vista posterior



vista frontal



vista superior

2.4 Materialización

2.4.1 Materiales

* Acero Inoxidable

La característica principal del acero inoxidable es su excelente resistencia a la corrosión. Todos los aceros verdaderamente inoxidables contienen un mínimo de alrededor 10.5% de Cr, lo cual permite estar protegido constantemente por una capa pasiva de óxido de cromo que se genera naturalmente en la superficie al entrar en contacto con la humedad del aire. (R. Askeland, P. Fulay, & J. Wright, 2013)

El acero inoxidable presenta excelentes propiedades mecánicas a temperatura ambiente en comparación con otros materiales. Su buena ductilidad, elasticidad y dureza combinadas a una buena resistencia al desgaste (roce, abrasión, golpes) hacen de él un material ideal para proyectos sometidos a condiciones adversas de trabajo. (R. Askeland, P. Fulay, & J. Wright, 2013)

Propiedades que lo califican para su uso:

- Máxima higiene.
- Menor adherencia de la suciedad y agentes externos.
- Rápida limpieza de la superficie.
- Gran durabilidad.
- Mínimo mantenimiento.
- Apariencia estética
- Resistencia al calor
- Resistencia a ambientes húmedos.

* Acrílico (Polimetilmetacrilato PMMA)

El acrílico es un plástico de ingeniería que cuenta con las mejores propiedades ópticas entre los polímeros con una transparencia de alrededor del 93%. Es un material duro, resistente, con buena resistencia al envejecimiento y a la intemperie.

Propiedades que lo califican para su uso:

- Resistencia al impacto, de unas diez a veinte veces la del vidrio
- Excelente aislante térmico
- Se raya fácilmente pero se repara igual de fácil con pasta para pulir

- Gran facilidad de mecanización y moldeo
- Es resistente al ataque químico de muchos compuestos

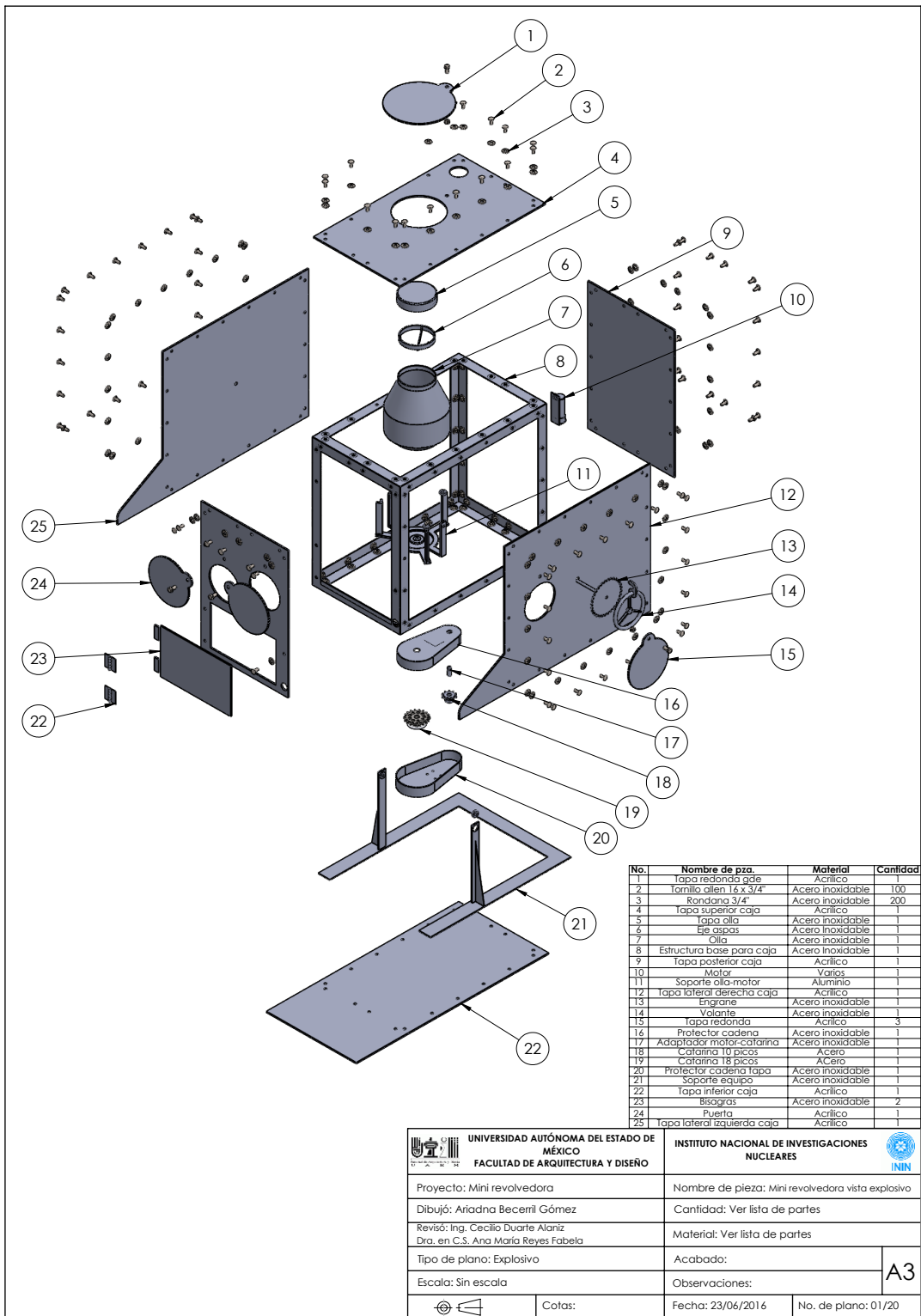
*Goma EVA

La goma EVA es el material popularmente conocido como caucho expandido, gomaespuma o foami. Se le llama EVA por las siglas de su nombre técnico *etileno-vinil-acetato*, es un copolímero de etileno y acetato de vinilo, puede ser sintetizado para formar un material poroso, similar al caucho pero con excelente resistencia.

Propiedades que lo califican para su uso:

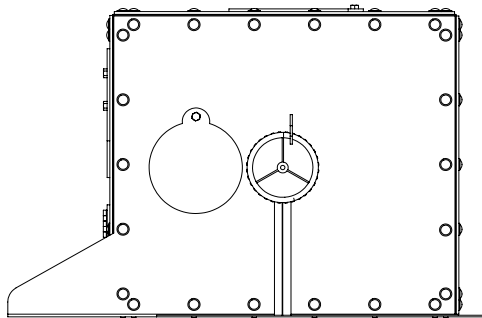
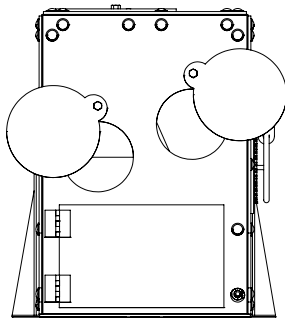
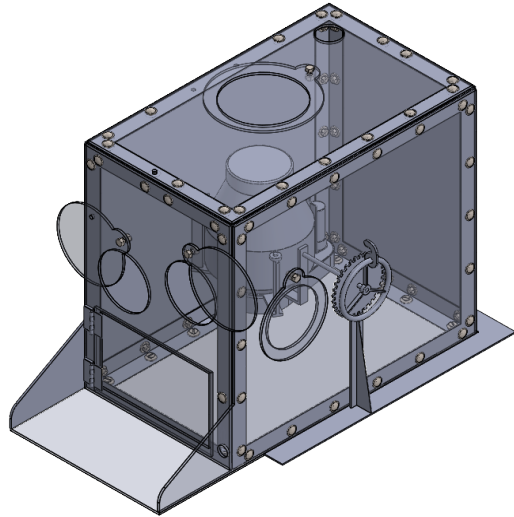
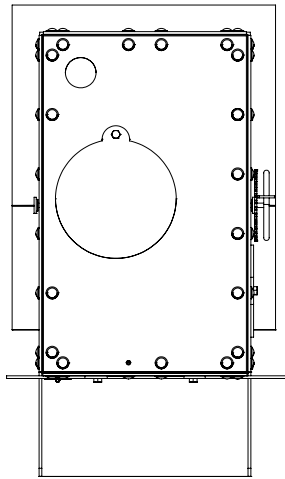
- Propiedades de barrera
- Resistencia a fisuras por tensión
- Propiedades impermeables
- No tóxico
- Muy liviano
- Fácil de cortar




2.4.2 Planos



No.	Nombre de pza.	Material	Cantidad
1	Tapa redonda adte	Acrílico	1
2	Tornillo allen 1.6 x 3/4"	Acero inoxidable	100
3	Rondana 3/4"	Acero inoxidable	200
4	Tapa superior caja	Acrílico	1
5	Tapa olla	Acero inoxidable	1
6	Brasapas	Acero inoxidable	1
7	Olla	Acero inoxidable	1
8	Estructura base para caja	Acero Inoxidable	1
9	Tapa posterior caja	Acrílico	1
10	Motor	Varios	1
11	Soporte olla-motor	Aluminio	1
12	Tapa lateral derecha caja	Acrílico	1
13	Engrane	Acero inoxidable	1
14	Volante	Acero inoxidable	1
15	Tapa redonda	Acrílico	3
16	Protector cadena	Acero inoxidable	1
17	Adaptador motor-catana	Acero inoxidable	1
18	Catana 10 picos	Acero	1
19	Catana 18 picos	Acero	1
20	Protector cadena tapa	Acero inoxidable	1
21	Soporte equipo	Acero inoxidable	1
22	Tapa inferior caja	Acrílico	1
23	Bisagras	Acero inoxidable	2
24	Puerta	Acrílico	1
25	Tapa lateral izquierda caja	Acrílico	1

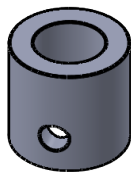
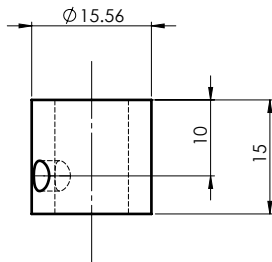
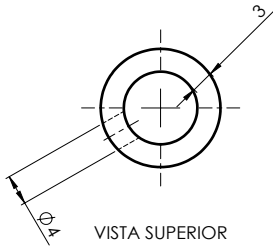
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
Proyecto: Mini revolvedora	Nombre de pieza: Mini revolvedora vista explosivo
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez	Cantidad: Ver lista de partes
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela	Material: Ver lista de partes
Tipo de plano: Explosivo	Acabado:
Escala: Sin escala	Observaciones:
A3	
	Cotas: Fecha: 23/06/2016 No. de plano: 01/20



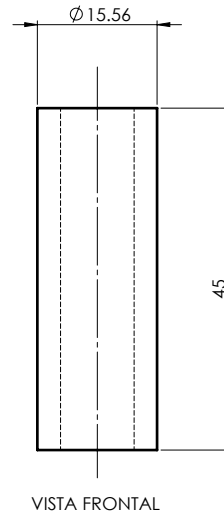
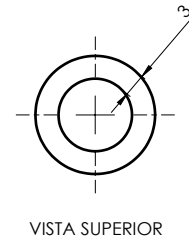
 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 	
Proyecto: Mini revolvedora		Nombre de pieza: Ensamble mini revolvedora	
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez		Cantidad: 1	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Varios	
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado: Varios	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
 Cotas: mm.		Fecha: 04/07/2016	No. de plano: 02/20



A3

ANILLO SUPERIOR

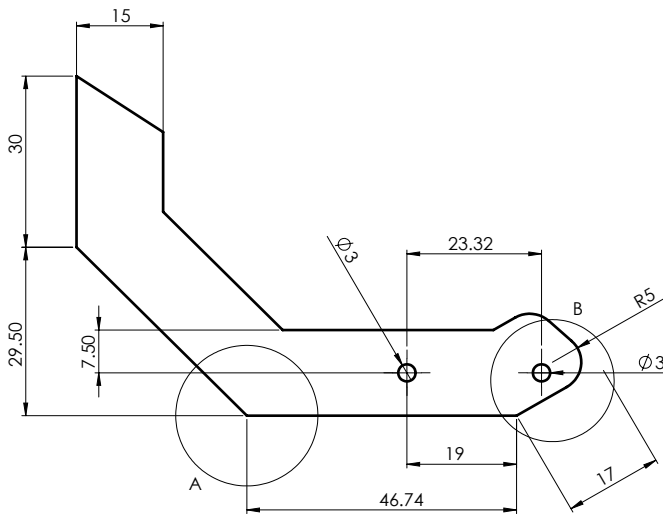
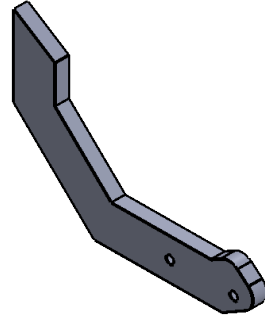


ANILLO INFERIOR

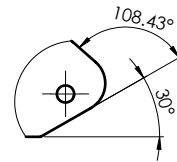


 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Anillo superior e inferior	
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez		Cantidad: anillo superior: 1; anillo inferior: 2	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acero Inoxidable	
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado: Pulido	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
Cotas: mm.		Fecha: 23/06/2016	No. de plano: 03/20

A3



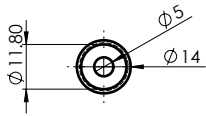
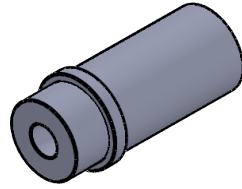
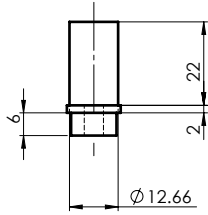
DETALLE A



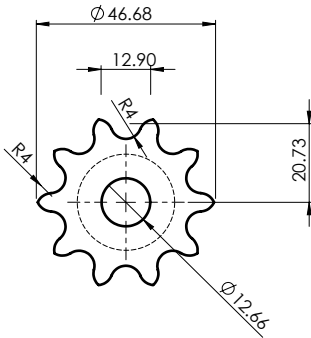
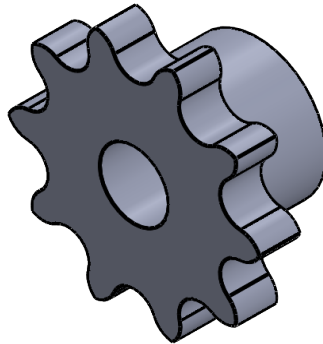
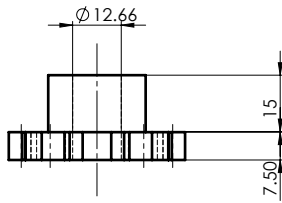
DETALLE B

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Aspa inferior	
Dibujó: Ariadna Becerra Gómez		Cantidad: 3	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acero Inoxidable ASTM 304 calibre 20	
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado: Pulido	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
		A3	
		No. de plano: 04/20	
Cotas: mm.		Fecha: 23/06/2016	

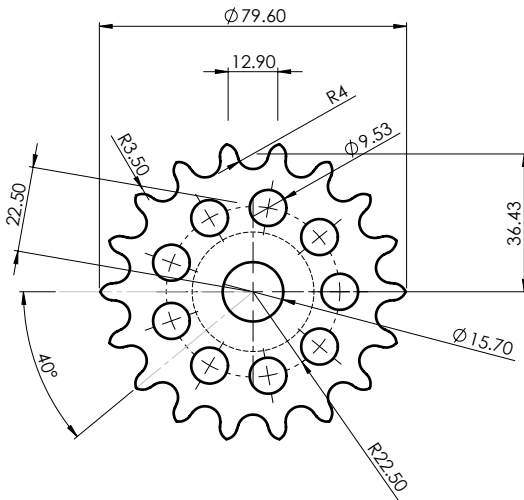
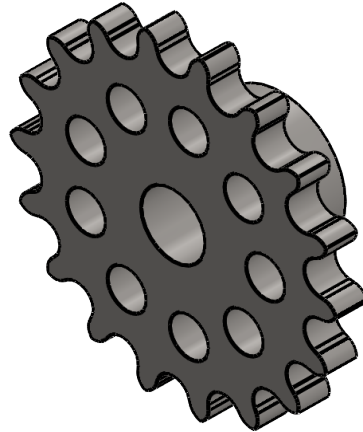
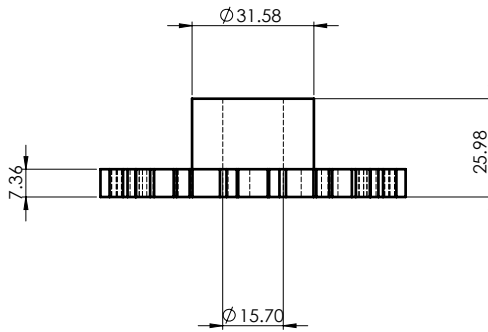
ADAPTADOR MOTOR-CATARINA






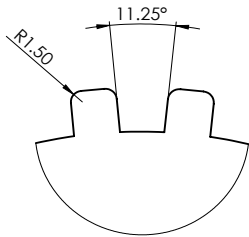
CATARINA 10 PICOS



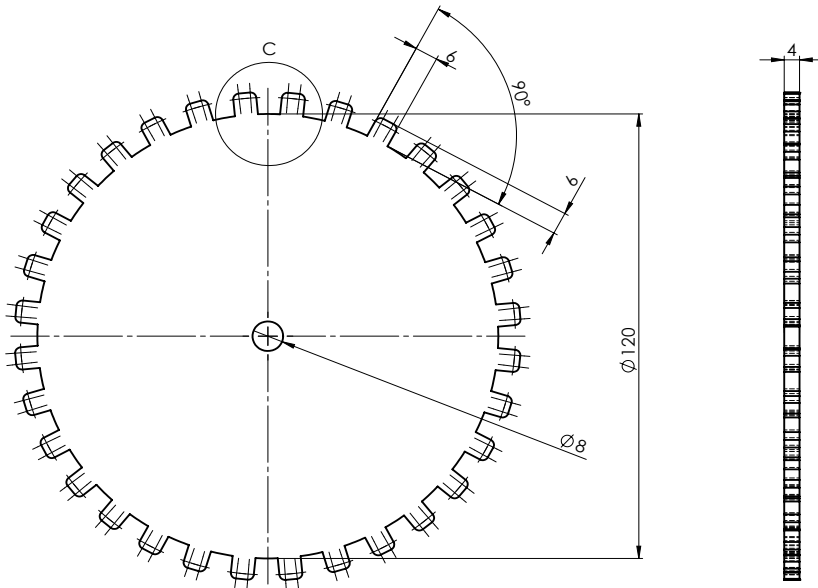
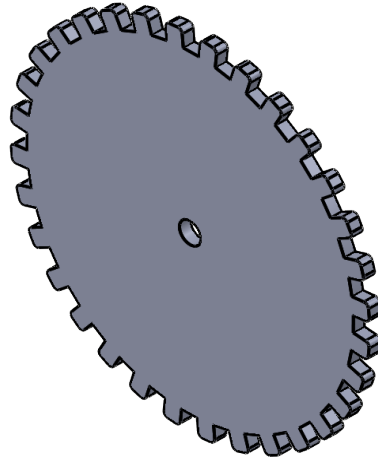
		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Adaptador motor-catarina y catarina 10 picos	
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez		Cantidad: 1 c/u	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acero inox y acero	
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado: Pulido	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
		Cotas: mm.	Fecha: 23/06/2016
		No. de plano: 06/20	A3



 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 
	Proyecto: Mini revoladora Nombre de pieza: Catarina 18 picos
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez Cantidad: 1	Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela Material: Acero
Tipo de plano: Vistas generales Acabado: Pulido	A3
Escala: Sin escala Observaciones:	
 Cotas: mm.	Fecha: 23/06/2016
	No. de plano: 07/20

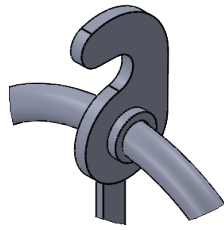


DETALLE C

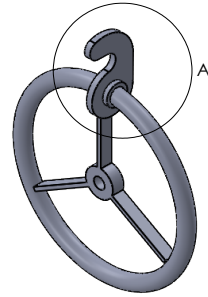


	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
	Proyecto: Mini revoladora	Nombre de pieza: Engrane
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez		Cantidad: 1
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acero
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado: Pulido
Escala: Sin escala		Observaciones:
	Cotas: mm.	Fecha: 23/06/2016
		No. de plano: 08/20

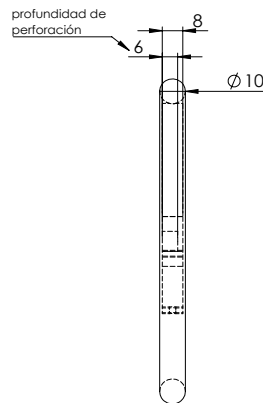
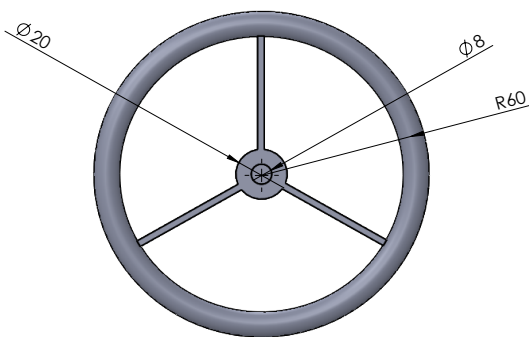
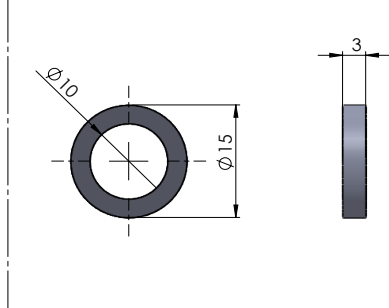
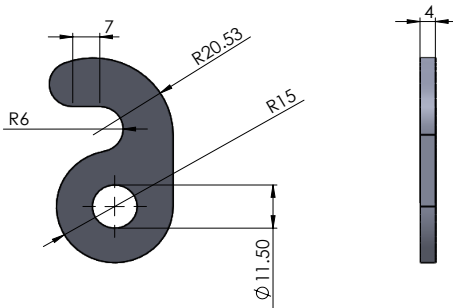
A3






DETALLE A

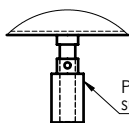
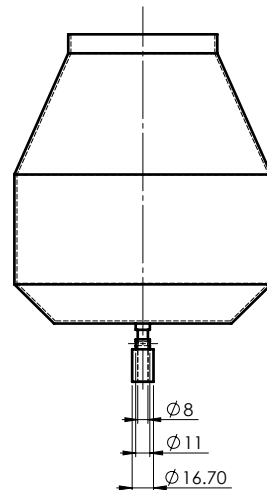
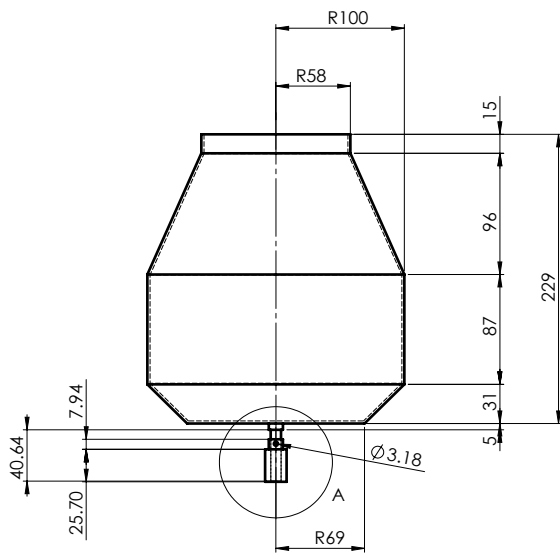
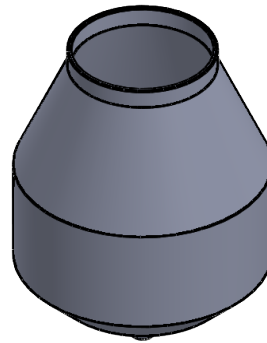
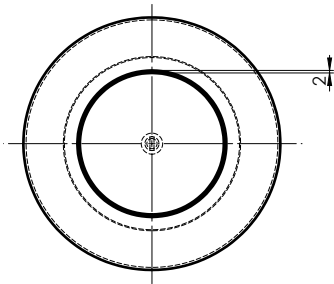


ENSAMBLE DE VOLANTE Y SEGURO



 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Volante	
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez		Cantidad: 1	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acero Inoxidable	
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado: Pulido	
Escala: Sin escala		Observaciones: matar filos	
 Cotas: mm.		Fecha: 23/06/2016	
		No. de plano: 09/20	

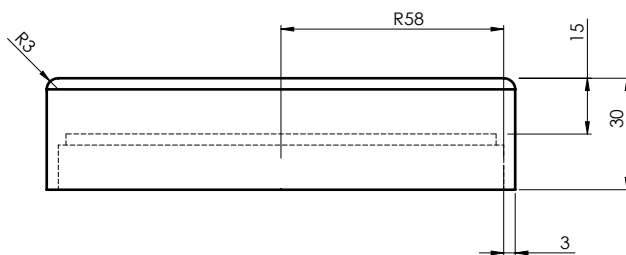
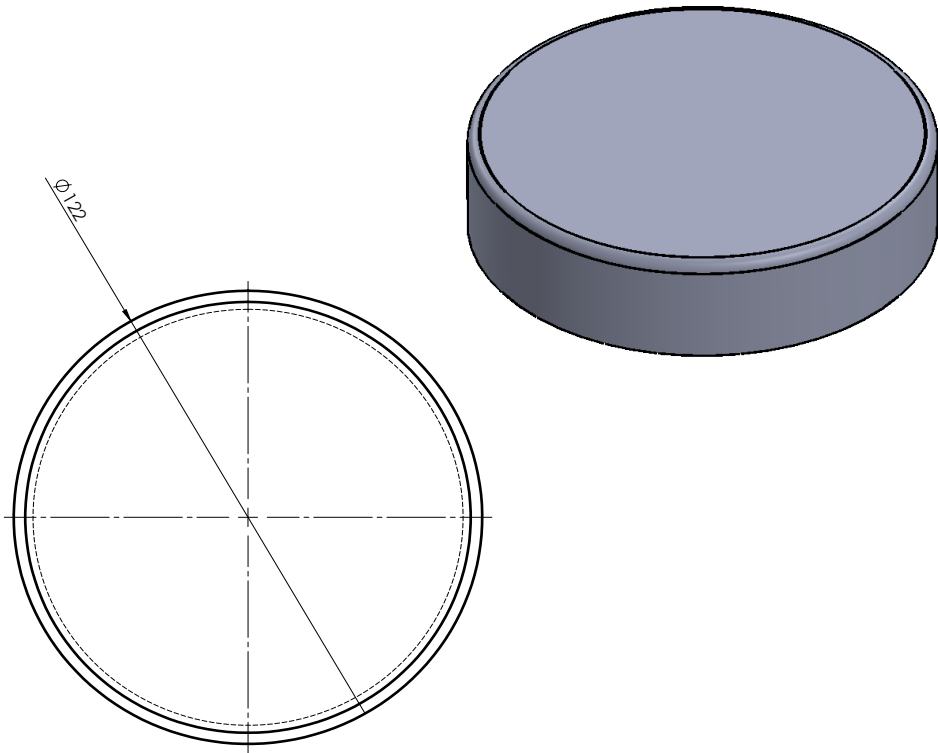
A3






DETALLE A
ESCALA 1 : 2

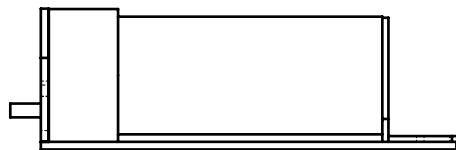
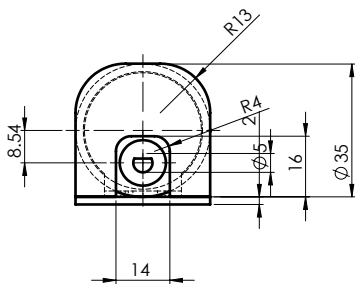
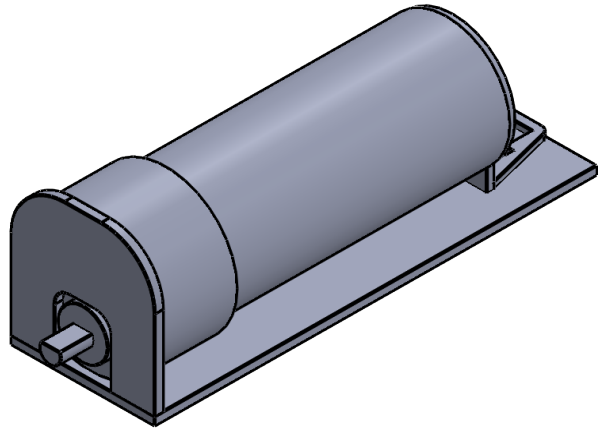
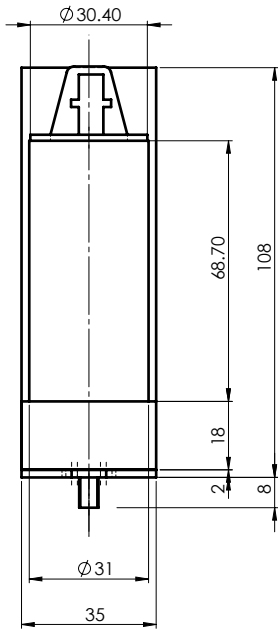
Pieza independiente
sujeta por un perno




	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
	Proyecto: Mini revoladora Dibujó: Ariadna Becerril Gómez Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela Tipo de plano: Vistas generales Escala: Sin escala	
		A3
	Cotas: mm.	Fecha: 08/06/2016 No. de plano: 10/20

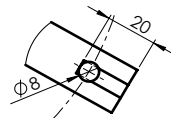
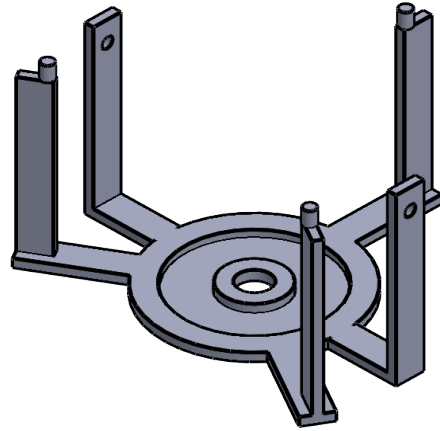
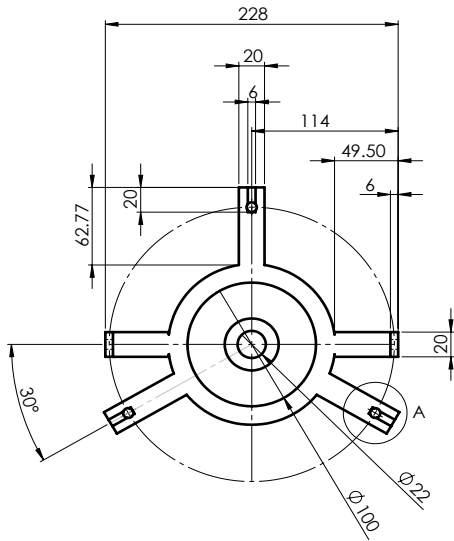


 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Tapa	
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez		Cantidad: 1	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acero Inoxidable ASTM 304 calibre 20	
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado: Pulido	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
 Cotas: mm.		Fecha: 23/06/2016	No. de plano: 11/20

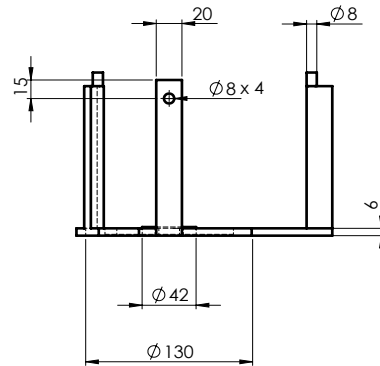
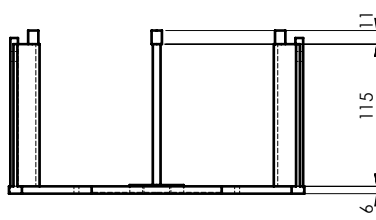
A3



 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Motor	
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez		Cantidad: 1	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Varios. Base de aluminio	
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado:	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
		A3	
		Cotas: mm.	Fecha: 23/06/2016 No. de plano: 12/20

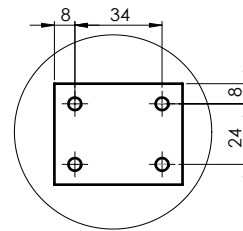
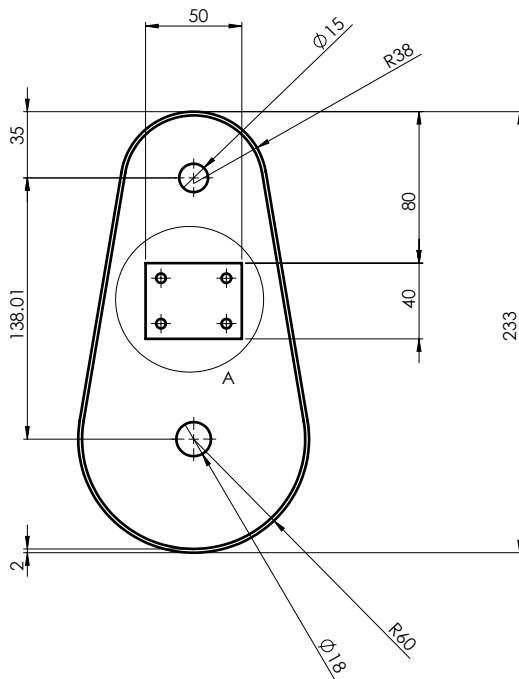
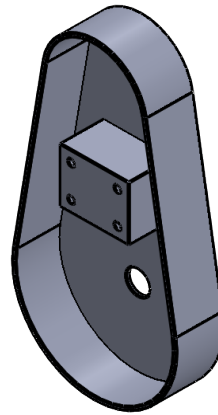
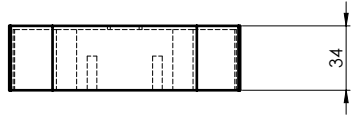


DETALLE A






	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
	Proyecto: Mini revolvedora Dibujó: Ariadna Becerril Gómez Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela	Nombre de pieza: Soporte olla motor Cantidad: 1 Material: Aluminio Acabado: Pulido
Tipo de plano: Vistas generales Escala: Sin escala		Observaciones:
Cotas: mm.		Fecha: 23/06/2016 No. de plano: 13/20

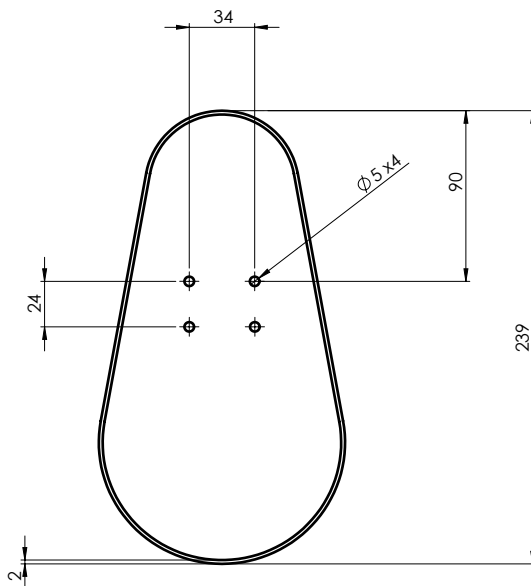
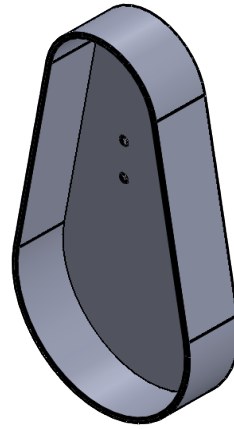
A3






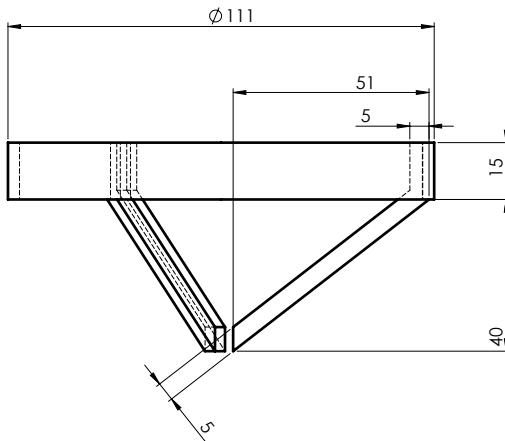
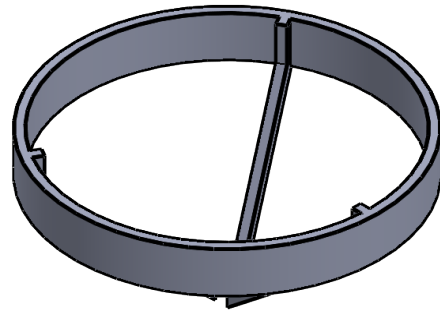
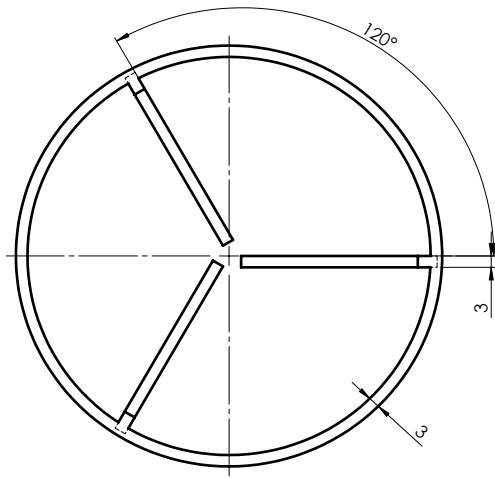
DETALLE A




 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Protector cadena	
Dibujó: Ariadna Beceril Gómez		Cantidad: 1	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acero Inoxidable ASTM 304 calibre 20	
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado: Pulido	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
 Cotas: mm.		Fecha: 23/06/2016	No. de plano: 14/20

A3

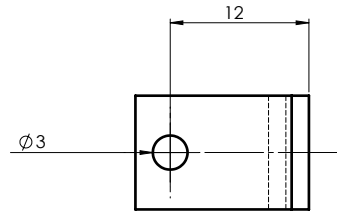
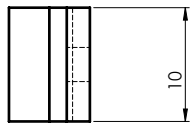
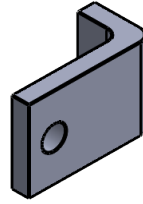
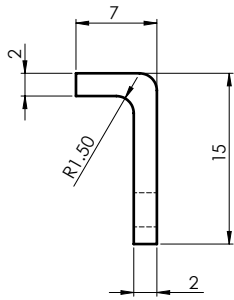


 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Protector cadena tapa	
Dibujó: Ariadna Beceril Gómez		Cantidad: 1	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz		Material: Acero Inoxidable ASTM 304 calibre 20	
Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Acabado: Pulido	
Tipo de plano: Vistas generales		<div style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">A3</div>	
Escala: Sin escala			
 Cotas: mm.		Fecha: 23/06/2016	No. de plano: 15/20

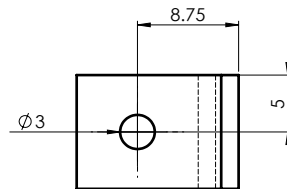
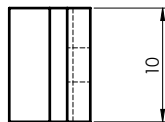
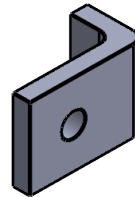
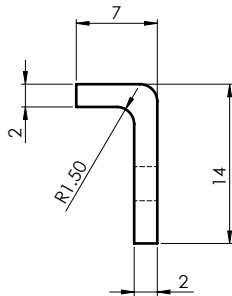





 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Soporte eje central	
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez		Cantidad: 1	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acero Inoxidable ASTM 304 calibre 20	
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado: Pulido	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
		Cotas: mm.	Fecha: 23/06/2016
		No. de plano: 16/20	A3

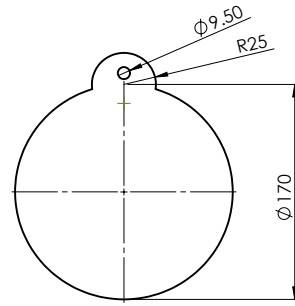
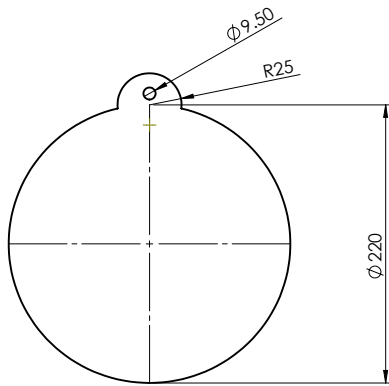
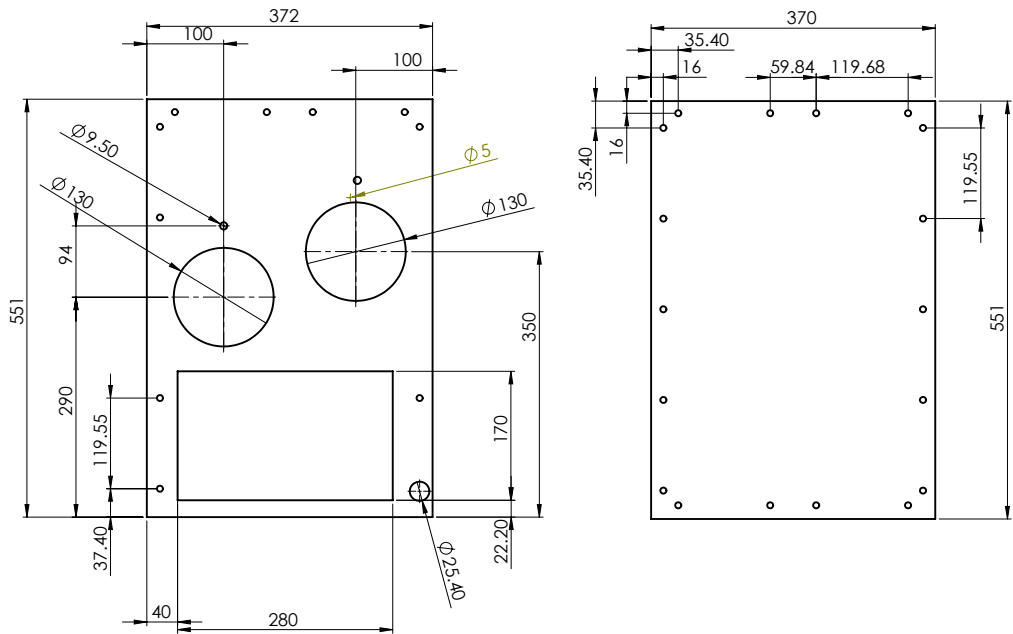
SUJETADOR ASPA INFERIOR




SUJETADOR ASPA SUPERIOR

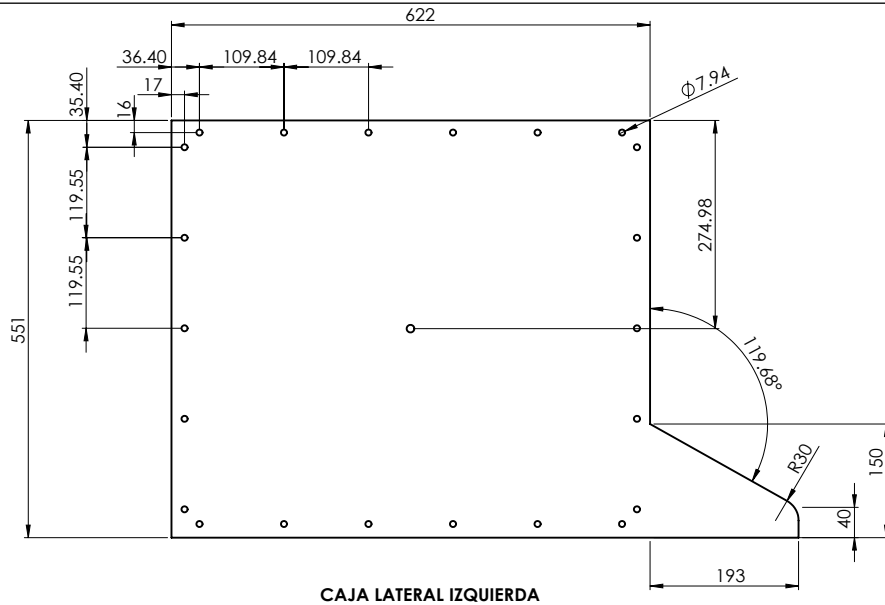


 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Sujetador aspa superior y sujetador aspa inferior	
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez		Cantidad: 3 de c/u	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acero Inoxidable ASTM 304 calibre 20	
Tipo de plano: Vistas generales		Acabado: Pulido	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
A3			
 Cotas: mm.		Fecha: 08/06/2016	No. de plano: 17/20

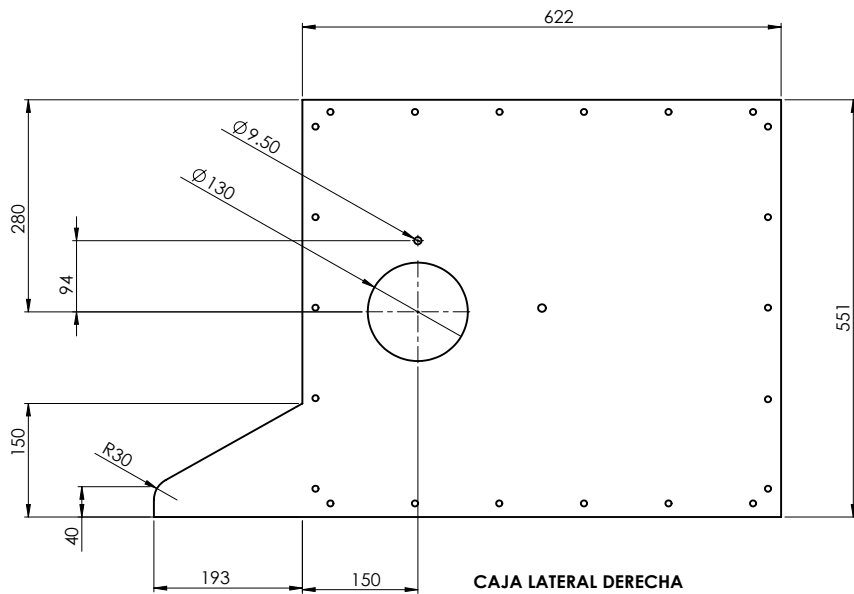


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES NIN	
Proyecto: Mini revoladora		Nombre de pieza: Cara frontal, posterior, tapa redonda chica y grande	
Dibujó: Ariadna Beceril Gómez		Cantidad: Cara frontal: 1; Cara posterior: 1; Tapa redonda chica: 3; Tapa redonda grande: 1	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acrílico transparente espesor 5 mm	
Tipo de plano: Vista frontal		Acabado:	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
 Cotas: mm.		Fecha: 04/07/2016	No. de plano: 18/20

A3

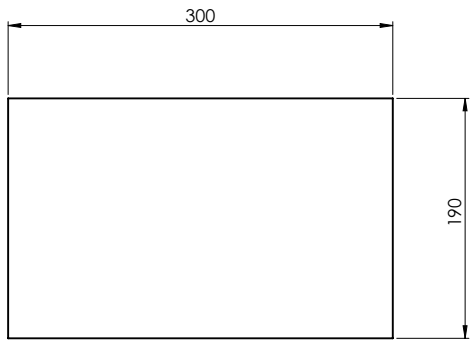
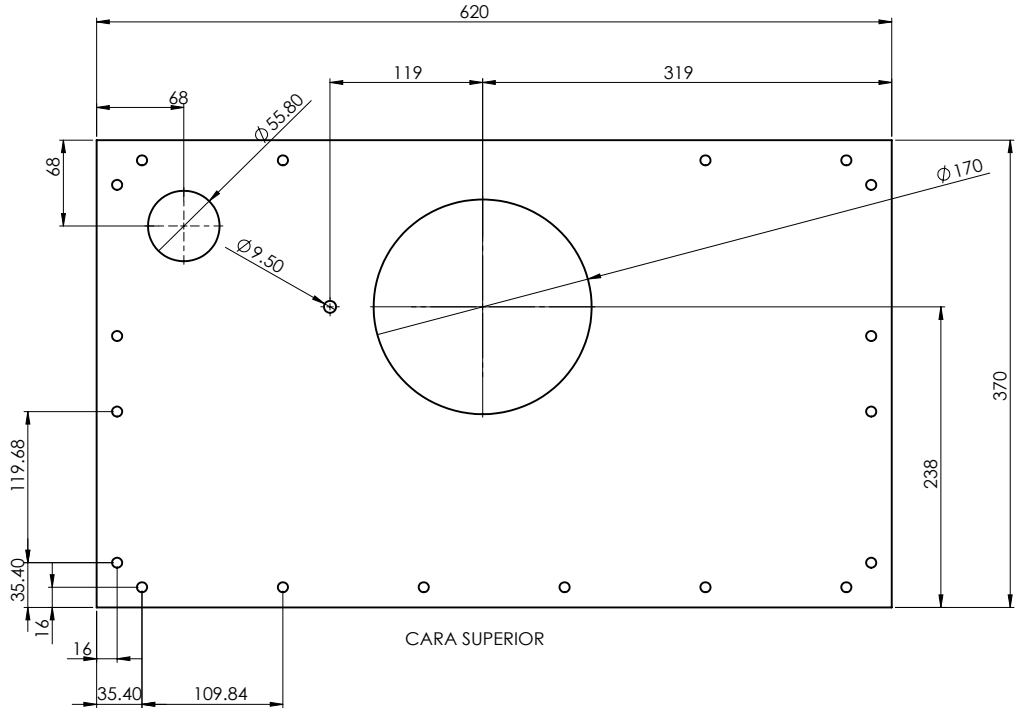





CAJA LATERAL IZQUIERDA



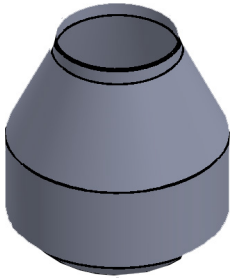
CAJA LATERAL DERECHA

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
	Proyecto: Mini revoladora	Nombre de pieza: Cara lateral derecha e izquierda
Dibujó: Ariadna Beceril Gómez	Cantidad: 1 c/u	A3
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela	Material: Acrílico transparente espesor 5 mm	
Tipo de plano: Vista frontal	Acabado:	Observaciones:
Escala: Sin escala	Observaciones:	
	Cotas: mm.	Fecha: 04/07/2016
		No. de plano: 19/20



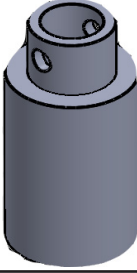
 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO		INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES 	
Proyecto: Mini revolvedora		Nombre de pieza: Cara superior y tapa frontal	
Dibujó: Ariadna Becerril Gómez		Cantidad: 1 c/u	
Revisó: Ing. Cecilio Duarte Alaniz Dra. en C.S. Ana María Reyes Fabela		Material: Acrílico espesor 5 mm.	
Tipo de plano: Vista frontal		Acabado:	
Escala: Sin escala		Observaciones:	
 Cotas: mm.		Fecha: 04/072016	No. de plano: 20/20
		A3	

2.4.3 Hojas de procesos

Hoja de proceso								
	Pieza: Olla	Material: Acero Inox						
	Dimensión: A=230 D=200	Cantidad: 1						
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes						
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016						
	Equipo: Rayador, compás, cizalla, plumón, esmeril, mototool, máquina para soldar, roladora, vernier, careta, overol, botas de seguridad, careta p/soldar							
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento								
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas en lámina	20	\$80	●				
2	Corte de piezas con cizalla	25	\$100	●				
3	Esmerilado para eliminación de rebaba	30	\$120	●				
4	Rolado de piezas	40	\$160	●				
5	Puntos de soldadura	10	\$40	●				
6	Soldado de base con primer cono	35	\$140	●				
7	Rebaja de soldadura interior con mototool (usando una fresa)	20	\$80	●				
8	Soldado de piezas base con cilindro	55	\$220	●				
9	Rebaja de soldadura interior con mototool (usando una fresa) y soldadura exterior usando esmeril manual	30	\$120	●				
10	Soldado de piezas previamente unidas a cono superior y cuello de olla	70	\$280	●				
11	Rebaja de soldadura interior con mototool (usando una fresa) y soldadura exterior usando esmeril manual	55	\$220	●				
12	Soldado broches de tracción	15	\$60	●				
13	Pulido	90	\$360	●				
14	Inspección	15	\$60	●				
\$ Mat. prima= \$838		\$ Mano de obra=	510	\$2040	\$ Total = \$2878			

Hoja de proceso		
	Pieza: Eje olla	Material: Acero Inox
	Dimensión: A=45.64 D=8	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Juan Romo	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, segueta, torno, taladro de banco, tornillo de banco, máquina para soldar, careta, vernier, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		


No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de medida para corte de barra	2	\$8	●				
2	Corte con segueta	9	\$36	●				
3	Torneado de pieza	25	\$100	●				
4	Inspección	2	\$8		■			
5	Trazo para perforación	2	\$8	●				
6	Perforación en taladro de banco	6	\$24	●				
7	Inspección	2	\$8		■			
8	Soldado en base de olla	20	\$80	●				
9	Pulido	20	\$80	●				
10	Inspección	5	\$20		■			
\$ Mat. prima= \$34		\$ Mano de obra=	93	\$372	\$ Total= \$406			

Hoja de proceso		
	Pieza: Pieza inferior olla	Material: Acero Inox
	Dimensión: A=33.64 D=16.7	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Juan Romo	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, segueta, torno, taladro de banco, tornillo de banco, vernier, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		


No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de medida para corte de barra	2	\$8	●				
2	Corte con segueta	9	\$36	●				
3	Torneado de pieza	28	\$112	●				
4	Inspección	3	\$12		■			
5	Trazo para perforación	2	\$8	●				
6	Perforación en taladro de banco	8	\$32	●				
7	Inspección	2	\$8		■			
\$ Mat. prima= \$25		\$ Mano de obra=	52	\$216	\$ Total= \$241			

Hoja de proceso		
	Pieza: Tapa	Material: Acero Inox
	Dimensión: D=122	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Rayador, compás, cizalla, plumón, esmeril, mototool, máquina para soldar, roladora, vernier, careta, overol, botas de seguridad, careta p/soldar	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas en lámina	7	\$28	●				
2	Corte de piezas con cizalla	9	\$36	●				
3	Esmerilado para eliminación de rebaba	10	\$40	●				
4	Rolado de pieza	12	\$48	●				
5	Soldado de base con círculo	22	\$88	●				
6	Rebaja de soldadura interior con mototool (usando una fresa) y soldadura exterior usando esmeril manual	29	\$116	●				
7	Soldado de ganchos para broches de tracción	21	\$84	●				
8	Pegado de empaque	11	\$44	●				
9	Pulido	18	\$72	●				
10	Inspección	3	\$12	●				
\$ Mat. prima= \$339		\$ Mano de obra=	142	\$568	\$ Total= \$907			

Hoja de proceso		
	Pieza: Catarina 10 P	Material: Acero
	Dimensión: A=22.5 D=46.68	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Juan Romo	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, segueta, torno, taladro de banco, machuelo, tornillo de banco, vernier, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

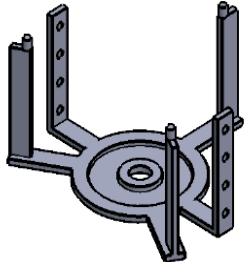
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Transporte de pieza al área de trabajo	10	\$40					
2	Torneado para reducción de diámetro	23	\$92					
3	Inspección	6	\$24					
4	Abocardado de orificio central en taladro de banco	12	\$48					
5	Inspección	2	\$8					
6	Trazo para perforación (entrada para prisioneros)	9	\$36					
7	Hechura de rosca con machuelo	26	\$104					
8	Limpieza de rebabas	9	\$36					
	Inspección	3	\$12					
\$ Mat. prima= \$75		\$ Mano de obra=	100	\$400	\$ Total= \$475			

Hoja de proceso		
	Pieza: Adaptador C10	Material: Acero Inox
	Dimensión: A=30 D=12.66	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Juan Romo	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, segueta, torno, taladro de banco, machuelo, tornillo de banco, vernier, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

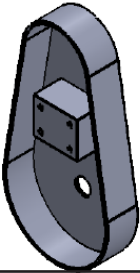
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de medida para corte de barra	3	\$12	●				
2	Corte con segueta	6	\$24	●				
3	Torneado de pieza	26	\$104	●				
4	Inspección	3	\$12		■			
5	Trazo para perforación	3	\$12	●				
6	Perforación en taladro de banco	5	\$20	●				
7	Inspección	2	\$8		■			
\$ Mat. prima= \$10		\$ Mano de obra=	48	\$192	\$ Total= \$202			

Hoja de proceso		
	Pieza: Catarina 18 P	Material: Acero
	Dimensión: A= 26 D= 79.6	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Juan Romo	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, segueta, torno, taladro de banco, machuelo, tornillo de banco, vernier, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

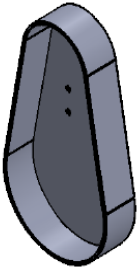
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Transporte de pieza al área de trabajo	10	\$40					
2	Torneado para reducción de diámetro	41	\$164					
3	Inspección	3	\$12					
4	Abocardado de orificio central en taladro de banco	10	\$40					
5	Inspección	2	\$8					
6	Trazo para perforación (entrada para prisioneros)	3	\$12					
7	Hechura de rosca con machuelo	25	\$100					
8	Limpieza de rebabas	4	\$16					
9	Inspección	3	\$12					
\$ Mat. prima= \$115		\$ Mano de obra=	84	\$404	\$ Total= \$519			

Hoja de proceso		
	Pieza: Soporte olla-motor	Material: Aluminio
	Dimensión: D=228 A=115	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, rayador, compás, vernier, cizalla, taladro de banco, lima, máquina de soldar, careta, overol, botas de seguridad, careta p/soldar	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

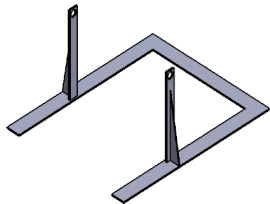
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas en lámina	23	\$92	●				
2	Corte de piezas con cizalla	35	\$140	●				
3	Eliminación de rebaba con esmeril	22	\$88	●				
4	Trazo para perforaciones	14	\$56	●				
5	Perforado en taladro de banco	13	\$52	●				
6	Trazo de posición de piezas a soldar	8	\$32	●				
7	Soldadura de piezas	21	\$84	●				
8	Rebaja de soldadura con lima	23	\$92	●				
9	Pulido	20	\$80	●				
10	Inspección	5	\$20	●				
\$ Mat. prima= \$35		\$ Mano de obra=	184	\$736	\$Total= \$771			

Hoja de proceso		
	Pieza: Protector cadena	Material: Acero Inox
	Dimensión: A= 34 L= 233	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, rayador, compás, dobladora, cizalla, esmeril, roladora, taladro de banco, vernier, careta, overol, botas de seguridad, careta p/soldar	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas en lámina	19	\$76	●				
2	Corte de piezas con cizalla	11	\$44	●				
3	Esmerilado para eliminación de rebaba	10	\$40	●				
4	Rolado de pieza de contorno	12	\$48	●				
5	Puntos de soldadura	17	\$68	●				
6	Soldado de base con pared	26	\$104	●				
7	Marcas para perforación	8	\$32	●				
8	Perforado en taladro de banco	13	\$52	●				
9	Doblado de pieza interior	15	\$60	●				
10	Soldado de pieza interior	6	\$24	●				
11	Marca para perforación	4	\$16	●				
12	Perforación en taladro de banco	11	\$44	●				
13	Pulido	22	\$88	●				
14	Inspección	4	\$16	●				
\$ Mat. prima= \$281		\$ Mano de obra=	178	\$712	\$ Total= \$993			

Hoja de proceso		
	Pieza: Protector cadena T	Material: Acero Inox
	Dimensión: A= 36 L= 239	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, rayador, compás, dobladora, cizalla, esmeril, roladora, taladro de banco, vernier, careta, overol, botas de seguridad, careta p/soldar	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas en lámina	13	\$52	●				
2	Corte de piezas con cizalla	8	\$32	●				
3	Esmerilado para eliminación de rebaba	8	\$32	●				
4	Rolado de pieza de contorno	13	\$52	●				
5	Puntos de soldadura	15	\$60	●				
6	Soldado de base con pared	24	\$96	●				
7	Marcas para perforación	6	\$24	●				
8	Perforado en taladro de banco	10	\$40	●				
9	Pulido	20	\$80	●				
10	Inspección	3	\$12	●				
\$ Mat. prima= \$262		\$ Mano de obra=	120	\$480	\$ Total= \$742			

Hoja de proceso		
	Pieza: Soporte general	Material: Acero Inox
	Dimensión: 600 x 480 x 290	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, rayador, compás, vernier, cizalla, taladro de banco, lima, máquina de soldar, careta, overol, botas de seguridad, careta p/soldar	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

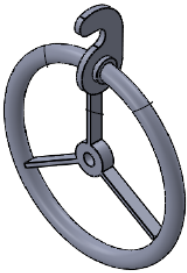
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas para corte	14	\$56	●				
2	Corte de piezas con cizalla	16	\$64	●				
3	Eliminar bordes y rebaba con lima	11	\$44	●				
4	Enderezado de piezas	15	\$60	●				
5	Marca para perforación	4	\$16	●				
6	Perforación en taladro de banco	8	\$32	●				
7	Introducción de baleros	13	\$52	●				
8	Trazo y acomodo de piezas para soldar	9	\$36	●				
9	Punteado de piezas	6	\$24	●				
10	Inspección de posición	5	\$20		■			
11	Soldado de piezas	12	\$48	●				
12	Eliminación de rebaba con esmeril y mototool	18	\$72	●				
13	Pulido	25	\$100	●				
14	Inspección	4	\$16		■			
\$ Mat. prima= \$223		\$ Mano de obra=	214	\$856	\$ Total= \$1079			

Hoja de proceso		
	Pieza: Base para motor	Material: Aluminio
	Dimensión: 108 x 35 x 35	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, rayador, cizalla, esmeril, máquina para soldar, taladro de banco, vernier, careta, overol, botas de seguridad, careta p/soldar	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas para corte	3	\$12	●				
2	Corte de piezas con cizalla	5	\$20	●				
3	Eliminar bordes y rebaba con lima	6	\$24	●				
4	Redondeo de esquinas con esmeril	9	\$36	●				
5	Doblado de pieza	2	\$8	●				
6	Marcas para perforación	7	\$28	●				
7	Perforación en taladro de banco	9	\$36	●				
8	Puntos de soldadura	10	\$40	●				
9	Inspección de distancia y alineación	5	\$20	●				
10	Soldado a soporte olla-motor	11	\$44	●				
11	Inspección	6	\$24	●				
12	Montado de motor	12	\$48	●				
\$ Mat. prima= \$13		\$ Mano de obra=	85	\$340	\$ Total= \$353			

Hoja de proceso		
	Pieza: Engrane	Material: Acero Inox
	Dimensión: D= 120	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Juan Romo	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, esmeril, torno, taladro de banco, vernier, careta, tornillo de banco, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

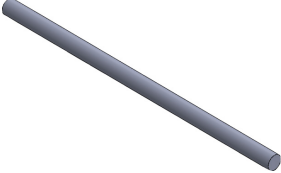
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de pieza	4	\$16	●				
2	Corte con esmeril	18	\$72	●				
3	Perforación en taladro de banco	7	\$28	●				
4	Redondeo en torno	21	\$84	●				
5	Marcas para distancia entre dientes	16	\$64	●				
6	Hechura de dientes	33	\$132	●				
7	Pulido	5	\$20	●				
8	Inspección	2	\$8	●				
\$ Mat. prima= \$164		\$ Mano de obra=	106	\$424	\$ Total= \$588			

Hoja de proceso		
	Pieza: Volante	Material: Acero Inox
	Dimensión: D= 120	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, rayador, escuadra, esmeril, máquina para soldar, torno, taladro de banco, vernier, careta, overol, botas de seguridad, careta p/soldar	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

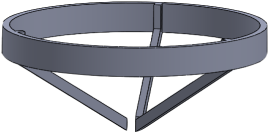
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas a cortar	9	\$36	●				
2	Corte de piezas con esmeril	44	\$176	●				
3	Eliminación de rebabas con esmeril	10	\$40	●				
4	Fabricación de pieza central en torno	24	\$96	●				
5	Trazo de perforaciones	4	\$16	●				
6	Perforado en taladro de banco	8	\$32	●				
7	Rolado de tubo para volante	17	\$68	●				
8	Trazo y alineación de piezas centrales	11	\$44	●				
9	Puntos de soldadura	15	\$60	●				
10	Inspección de posiciones	8	\$32					●
11	Soldadura de piezas	14	\$56	●				●
12	Eliminación de rebaba	16	\$64	●				
13	Pulido	21	\$84	●				
14	Inspección	5	\$20					●
\$ Mat. prima= \$112		Mano de obra=	206	\$824	\$ Total= \$936			

Hoja de proceso		
	Pieza: Eje para soporte I	Material: Acero Inoz
	Dimensión: D= 8 L= 43.78	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, segueta, torno, taladro de banco, tornillo de banco, vernier, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		


No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Marcar medida para corte	2	\$8	●				
2	Corte de barra con segueta	7	\$28	●				
3	Torneado para ajuste de diámetro	17	\$68	●				
4	Perforación con taladro de banco	14	\$56	●				
5	Inspección	3	\$12		●			
\$ Mat. prima= \$32		\$ Mano de obra=	43	\$172	\$ Total= \$204			

Hoja de proceso		
	Pieza: Eje para soporte D	Material: Acero Inox
	Dimensión: D= 8 L=168	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Juan Romo	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, segueta, torno, taladro de banco, tornillo de banco, vernier, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Marcar medida para corte	2	\$8	●				
2	Corte de barra con segueta	6	\$24	●				
3	Torneado para ajuste de diámetro	23	\$92	●				
4	Inspección	3	\$12	●				
\$ Mat. prima= \$125		\$ Mano de obra=	34	\$136	\$ Total= \$260			

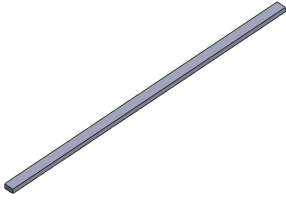
Hoja de proceso		
	Pieza: Soporte aspas	Material: Acero Inox
	Dimensión: D= 105 A= 48.65	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Rayador, compás, escuadra, cizalla, plumón, esmeril, máquina para soldar, roladora, vernier, careta, overol, botas de seguridad, careta p/soldar	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas en lámina	17	\$68	●				
2	Corte de pieza superior con cizalla	6	\$24	●				
3	Corte de 3 piezas con esmeril	25	\$96	●				
4	Limpieza de rebaba con esmeril	19	\$76	●				
5	Trazo de posición 3 piezas a soldar	6	\$24	●				
6	Punteado de piezas	5	\$20	●				
7	Inspección	3	\$12		■			
8	Soldadura de piezas	11	\$44					
9	Pulido	18	\$72					
10	Inspección	3	\$12		■			
\$ Mat. prima= \$54		\$ Mano de obra=	113	\$452	\$ Total= \$506			

Hoja de proceso		
	Pieza: Eje central aspas	Material: Acero Inox
	Dimensión: L=224.9 D= 9.53	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Juan Romo	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Rayador, plumón, segueta, torno, taladro de banco, tornillo de banco, vernier, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	

● Operación
 ■ Inspección
 ▼ Transporte
 ◐ Espera
 ➔ Almacenamiento

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Marcar medida para corte	3	\$12	●				
2	Corte de barra con segueta	7	\$28	●				
3	Torneado para ajuste de diámetro	21	\$84	●				
4	Perforación con taladro de banco	11	\$44	●				
5	Inspección	2	\$8	●				
\$ Mat. prima= \$167		\$ Mano de obra=	44	\$176	\$ Total= \$342			

Hoja de proceso		
	Pieza: Barra	Material: Acero Inox
	Dimensión: 2 x 5 x 165	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Rayador, cizalla, plumón, lima, escuadra, llave inglesa, tornillo de banco, vernier, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	

● Operación
 ■ Inspección
 ▼ Transporte
 ◐ Espera
 ➔ Almacenamiento

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas en lámina	8	\$32	●				
2	Corte con cizalla	11	\$44	●				
3	Enderezado de pieza	9	\$36	●				
4	Limpieza de rebaba con lima	14	\$56	●				
5	Pulido	8	\$32	●				
6	Inspección	2	\$8	●				
\$ Mat. prima= \$29		\$ Mano de obra=	52	208	\$ Total= \$237			


Hoja de proceso



Pieza: Anillo superior	Material: Anillo Inox
Dimensión: D=12.56 A= 15	Cantidad: 1
Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
Producción: Juan Romo	Fecha: 21-08-2016
Equipo: Rayador, plumón, segueta, torno, taladro de banco, tornillo de banco, vernier, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	

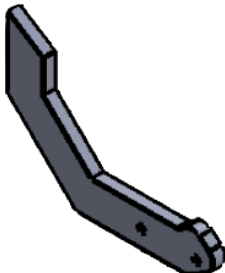
● Operación
 ■ Inspección
 ▼ Transporte
 ◐ Espera
 ➔ Almacenamiento

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Marcar medida para corte	2	\$8	●				
2	Corte de barra con segueta	6	\$24	●				
3	Torneado para ajuste de diámetro	18	\$72	●				
4	Perforación con taladro de banco	9	\$36	●				
5	Inspección	4	\$16		●			
\$ Mat. prima= \$12		\$ Mano de obra=	39	\$156	\$ Total= \$168			

Hoja de proceso		
	Pieza: Anillo inferior	Material: Acero Inox
	Dimensión: D=12.56 A= 45	Cantidad: 2
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Juan Romo	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Rayador, plumón, segueta, torno, taladro de banco, tornillo de banco, vernier, careta, overol, botas de seguridad	


● Operación
 ■ Inspección
 ▼ Transporte
 ◐ Espera
 ➔ Almacenamiento

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Marcar medida para corte	6	\$24	●				
2	Corte de barra con segueta	13	\$52	●				
3	Torneado para ajuste de diámetro	29	\$116	●				
4	Perforación con taladro de banco	9	\$36	●				
5	Inspección	4	\$16					
\$ Mat. prima= \$67		\$ Mano de obra=	61	\$244	\$ Total= \$311			

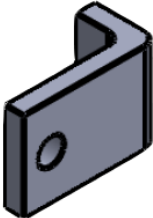
Hoja de proceso		
	Pieza: Aspa inferior	Material: Acero Inox
	Dimensión: 59.5 x 68.74	Cantidad: 3
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Rayador, plumón, esmeril, lima, escuadra, taladro de banco, vernier, careta, overol, botas de seguridad	

● Operación
 ■ Inspección
 ▼ Transporte
 ◐ Espera
 ➔ Almacenamiento

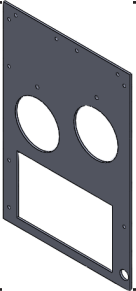
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de pieza en lámina	5	\$20	●				
2	Corte con esmeril	46	\$184	●				
3	Ajustes de forma con esmeril	24	\$96	●				
4	Eliminación de rebaba con lima y esmeril	18	\$72	●				
5	Marcas para perforación	6	\$24	●				
6	Perforación en taladro de banco	18	\$72	●				
7	Pulido	12	\$48	●				
8	Inspección	8	\$32	●				
\$ Mat. prima= \$192		\$ Mano de obra=	137	\$548	\$ Total= \$740			

Hoja de proceso		
	Pieza: Aspa superior	Material: Acero Inox
	Dimensión: 49 x 142	Cantidad: 3
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Rayador, plumón, esmeril, lima, escuadra, taladro de banco, vernier, careta, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de pieza en lámina	6	\$24	●				
2	Corte con esmeril	55	\$220	●				
3	Ajustes de forma con esmeril	33	\$132	●				
4	Eliminación de rebaba con lima y esmeril	22	\$88	●				
5	Marcas para perforación	6	\$24	●				
6	Perforación en taladro de banco	13	\$52	●				
7	Pulido	17	\$68	●				
8	Inspección	6	\$24	●				
\$ Mat. prima= \$271		\$ Mano de obra=	158	\$632	\$ Total= \$903			

Hoja de proceso		
	Pieza: Sujetadores aspas	Material: Acero inox
	Dimensión: 7 x 14 x 10	Cantidad: 6
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Rayador, compás, plumón, esmeril, dobladora, taladro de banco, vernier, careta, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Trazo de piezas en lámina	4	\$16	●				
2	Corte de piezas con esmeril	15	\$60	●				
3	Limpiezas de rebabas con lima	13	\$52	●				
4	Marcas para perforación	9	\$36	●				
5	Perforado en taladro de banco	16	\$64	●				
6	Marca para dobléz	4	\$16	●				
7	Doblez a 90°	6	\$24	●				
8	Pulido	6	\$24	●				
9	Inspección	5	\$20	●				
\$ Mat. prima= \$23		\$ Mano de obra=	78	\$312	\$ Total= \$335			

Hoja de proceso		
	Pieza: Caja frontal	Material: Acrílico
	Dimensión: 553 x 370	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, escuadra, compás, caladora, fresadora, taladro de banco, mototool, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Transporte de material al área de trabajo	5	\$20					
2	Trazo de pieza en lámina	3	\$12	●				
3	Corte de pieza con caladora	8	\$32	●				
4	Montaje de pieza en fresadora	3	\$12	●				
5	Fresado para alineación y escuadra de cantos	40	\$160	●				
6	Inspección	3	\$12		■			
7	Trazo de perforaciones para puertas	5	\$20	●				
8	Corte de puertas con caladora	26	\$104	●				
9	Pulido de canto interior con mototool	17	\$68	●				
10	Trazo para perforación inferior y entrada de tornillos	4	\$16	●				
11	Perforación en taladro de banco	14	\$56	●				
12	Inspección	3	\$12		■			
\$ Mat. prima= \$175		\$ Mano de obra=	131	\$524	\$ Total= \$699			

Hoja de proceso		
	Pieza: Caja posterior	Material: Acrílico
	Dimensión: 553 x 380	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, escuadra, caladora, fresadora, taladro de banco, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

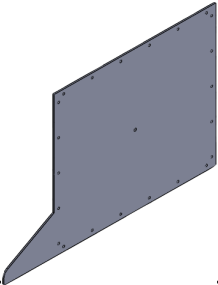
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Transporte de material al área de trabajo	5	\$20					
2	Trazo de pieza en lámina	2	\$8	●				
3	Corte de pieza con caladora	9	\$36	●				
4	Montaje de pieza en fresadora	2	\$8	●				
5	Fresado para alineación y escuadra de cantos	21	\$84	●				
6	Trazo de perforaciones	5	\$20	●				
7	Perforación en taladro de banco	16	\$64	●				
8	Inspección	3	\$12		●			
\$ Mat. prima= \$186		\$ Mano de obra=	63	\$252	\$ Total= \$438			

Hoja de proceso		
	Pieza: Tapa redonda sup.	Material: Acrílico
	Dimensión: d= 200	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, compás, caladora, taladro de banco, mototool, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

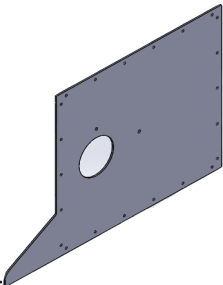
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Transporte de material al área de trabajo	5	\$20					
2	Trazo de pieza en lámina	2	\$8	●				
3	Corte de pieza con caladora	7	\$28	●				
4	Pulido de canto con mototool	13	\$52	●				
5	Trazo para perforación	1	\$4	●				
6	Perforación en taladro de banco	2	\$8	●				
7	Inspección	1	\$4		■			
\$ Mat. prima= \$35		\$ Mano de obra=	31	\$124	\$ Total= \$159			

Hoja de proceso		
	Pieza: Tapa redonda	Material: Acrílico
	Dimensión: 150	Cantidad: 3
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, compás, caladora, taladro de banco, mototool, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

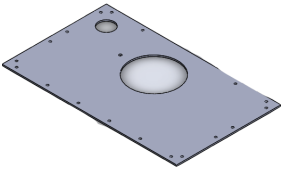
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Transporte de material al área de trabajo	5	\$20					
2	Trazo de pieza en lámina	9	\$36	●				
3	Corte de pieza con caladora	24	\$96	●				
4	Pulido de canto con mototool	27	\$108	●				
5	Trazo para perforación	4	\$16	●				
6	Perforación en taladro de banco	6	\$24	●				
7	Inspección	5	\$20					
\$ Mat. prima= \$64		\$ Mano de obra=	80	\$320	\$ Total= \$384			

Hoja de proceso		
	Pieza: Caja lateral izq.	Material: Acrílico
	Dimensión: 553 x 650	Cantidad:
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, escuadra, compás, caladora, fresadora, taladro de banco, mototool, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

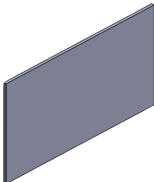
No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Transporte de material al área de trabajo	5	\$20					
2	Trazo de pieza en lámina	10	\$40	●				
3	Corte de pieza con caladora	13	\$52	●				
4	Montaje de pieza en fresadora	4	\$16	●				
5	Fresado para alineación y escuadra de cantos	29	\$116	●				
6	Inspección	5	\$20		■			
7	Trazo de perforaciones	14	\$56	●				
8	Perforación en taladro de banco	22	\$88	●				
9	Inspección	4	\$16	●				
\$ Mat. prima= \$319		\$ Mano de obra=	106	\$424	\$ Total= \$743			

Hoja de proceso		
	Pieza: Caja lateral dcha.	Material: Acrílico
	Dimensión: 553 x 650	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, escuadra, compás, caladora, fresadora, taladro de banco, mototool, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Transporte de material al área de trabajo	5	\$20					
2	Trazo de pieza en lámina	11	\$44	●				
3	Corte de pieza con caladora	12	\$48	●				
4	Montaje de pieza en fresadora	3	\$12	●				
5	Fresado para alineación y escuadra de cantos	30	\$120	●				
6	Inspección	5	\$20		■			
7	Trazo de perforación de puerta	3	\$12	●				
8	Corte de puerta con caladora	9	\$36	●				
9	Pulido de canto interior con mototool	11	\$44	●				
10	Trazo para perforaciones	15	\$60	●				
11	Perforación en taladro de banco	20	\$80	●				
12	Inspección	3	\$12		■			
\$ Mat. prima= \$319		\$ Mano de obra=	127	\$508	\$ Total= \$827			

Hoja de proceso		
	Pieza: Caja superior	Material: Acrílico
	Dimensión: 640 x 380	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, escuadra, compás, caladora, fresadora, taladro de banco, mototool, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Transporte de material al área de trabajo	5	\$20					
2	Trazo de pieza en lámina	3	\$12	●				
3	Corte de pieza con caladora	9	\$36	●				
4	Montaje de pieza en fresadora	3	\$12	●				
5	Fresado para alineación y escuadra de cantos	22	\$88	●				
6	Inspección	4	\$16		■			
7	Trazo de perforaciones para puerta y barreno superior	4	\$16	●				
8	Corte de puerta con caladora	8	\$32	●				
9	Pulido de canto interior con mototool	11	\$44	●				
10	Trazo para perforaciones	9	\$36	●				
11	Perforación en taladro de banco	21	\$84	●				
12	Inspección	4	\$16		■			
\$ Mat. prima= \$216		\$ Mano de obra=	103	\$412	\$ Total= \$628			

Hoja de proceso		
	Pieza: Tapa frontal	Material: Acrílico
	Dimensión: 280 x 170	Cantidad: 1
	Elaboró: Ariadna Becerril	Aprobó: Ana M. Reyes
	Producción: Silvino Escobar	Fecha: 21-08-2016
	Equipo: Plumón, escuadra, compás, caladora, fresadora, taladro de banco, mototool, lentes de seguridad, overol, botas de seguridad	
● Operación ■ Inspección ▼ Transporte ◐ Espera ➔ Almacenamiento		

No.	Operación	T (min)	Costo	●	■	▼	◐	➔
1	Transporte de material al área de trabajo	5	\$20					
2	Trazo de pieza en lámina	2	\$8	●				
3	Corte de pieza con caladora	4	\$16	●				
4	Montaje de pieza en fresadora	2	\$8	●				
5	Fresado para alineación y escuadra de cantos	10	\$40	●				
6	Inspección	2	\$8		■			
7	Trazo de perforaciones para bisagras	2	\$8	●				
8	Perforación en taladro de banco	6	\$24	●				
9	Colocación de bisagras	5	\$20	●				
10	Inspección	2	\$8		■			
\$ Mat. prima= \$42		\$ Mano de obra=	40	\$160	\$ Total= \$202			

2.4.4 Fabricación de prototipo

El prototipo fue elaborado en su totalidad en el Taller de Fabricación de Prototipos del ININ con ayuda de técnicos expertos en el manejo de diversos materiales, sobre todo metales. Una vez entregados los planos se procedió a la construcción.

A continuación, se muestran algunas fotografías del proceso de fabricación del prototipo, en el cual se me permitió intervenir.



Técnico soldando olla



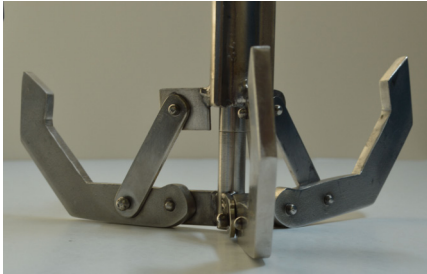
Puliendo olla



Piezas para aspas, catarina y soporte general



Corte de estructura de acero



Detalle mecanismo aspas



Aspas abiertas



Aspas cerradas



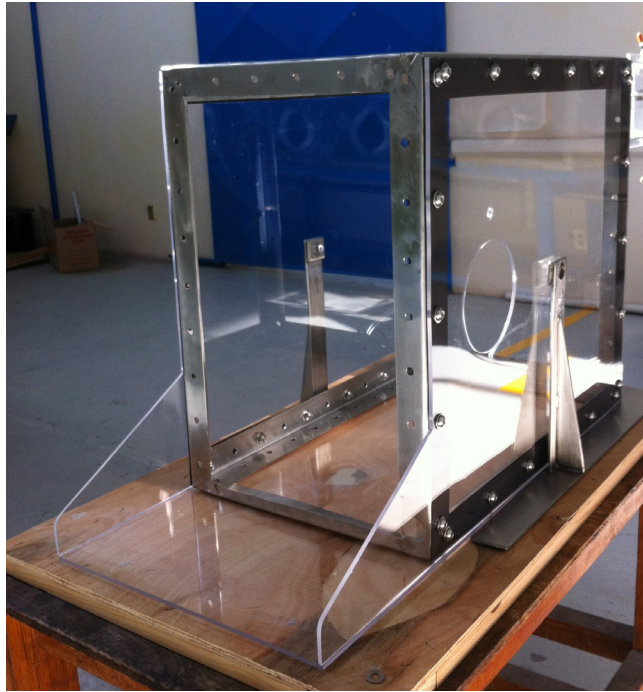
Detalle transmisión cadena



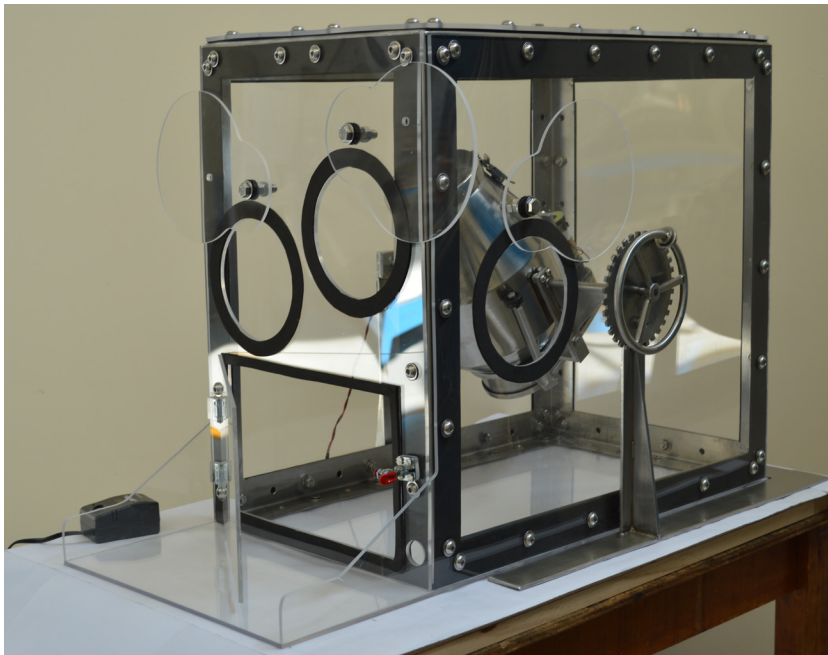
Ensamble olla-soporte-motor-transmisión cadena



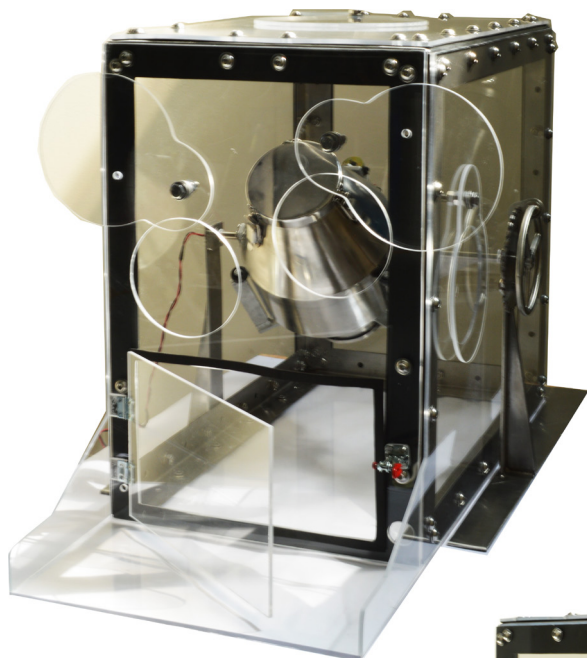
Detalle manivela



Ensamble caja de acrílico

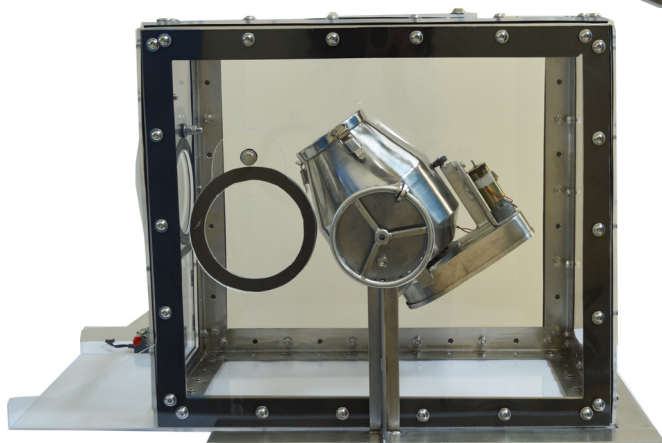
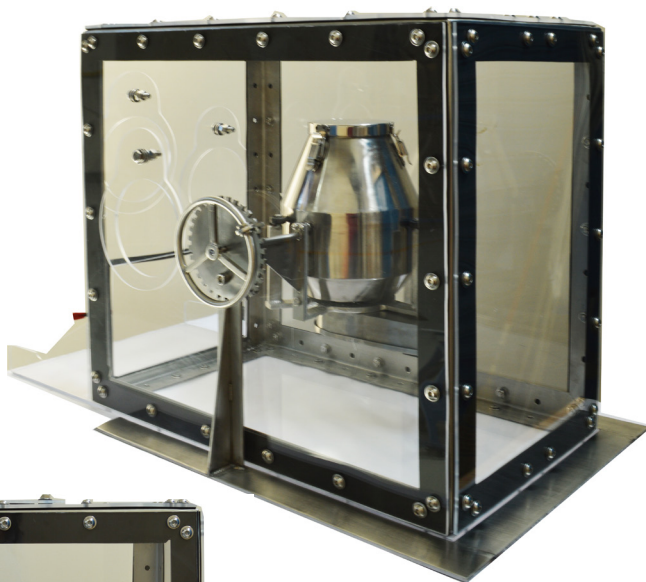


Ensamble completo



Perspectiva frontal

Perspectiva trasera



Perspectiva lateral



Capítulo III: Implantación





3.1 Implantación

La mini revolvedora está sostenida por dos soportes: el principal que sostiene todo el peso del equipo y uno más sobre el que va montada la olla, el motor y la transmisión mecánica. Los cables del motor salen por el interior del eje izquierdo para conectarse en el exterior a un control de velocidades con el que se regulan las revoluciones por minuto a las que gira la olla y que por supuesto presentarán ligeras variaciones dependiendo del peso.

La máquina se encuentra resguardada por una caja de acrílico que evita la dispersión de material contaminante, tiene una salida de vacío donde se conecta una manguera que ayuda a absorber las partículas volátiles. La forma en la que se manipulan los elementos al interior de la caja es a través de 4 accesos pensados a modo de caja de guantes, es decir, tienen el espacio suficiente para introducir los brazos. Además hay una puerta que permite la entrada del material e instrumental necesario para la preparación de las mezclas.

Otro elemento importante de mencionar es la manivela que se encuentra al exterior de la caja del lado derecho y con la que es posible modificar el ángulo en el que se posiciona la olla para facilitar las tareas de llenado, mezclado y vertido.

La prueba de implantación del presente proyecto se llevó a cabo en el LDR del ININ con ayuda de personal técnico, quien estuvo a cargo de operar el equipo durante la prueba de funcionamiento que consistió en realizar una mezcla con 800 g de arena, 200 g de arcilla y 200 mL de agua. Cabe mencionar que se decidió evitar el uso de material radiactivo en esta ocasión para evitar la contaminación del equipo, por si fuera necesario hacer modificaciones menores.

En primer lugar, se ofreció una explicación general del funcionamiento del equipo a la persona encargada de su manipulación y se le indicó la secuencia de pasos a seguir para el trabajo con el equipo. Se describe a continuación:

1. Hacer uso del equipo de seguridad (bata, cubre boca, guantes y lentes de seguridad).
2. Posicionar la olla en un ángulo de 45° a través de la manivela y poner el seguro.
3. Introducir las espas cerradas a la olla y una vez adentro presionar para abrirlas, hasta sentir que chocan con las paredes del contenedor.
4. Posicionar la olla en un ángulo de 90°

5. Introducir por la puerta el contenedor con la arena y verterlo en la olla.
6. Tapar la olla y asegurar con los broches de tracción
7. Cambiar posición de olla a 45°
8. Encender el equipo por un minuto
9. Posicionar olla en ángulo de 90°
10. Destapar la olla
11. Verter la arcilla
12. Tapar la olla y asegurar con los broches de tracción
13. Volver a colocar la olla a 45°
14. Encender nuevamente el equipo por 3 minutos
15. Posicionar la olla en ángulo de 90°
16. Destapar la olla
17. Verter el agua
18. Tapar olla
19. Colocar olla en ángulo de 45°
20. Encender el equipo por 15 minutos y verificar consistencia
21. En caso de no ser homogénea, volver a encender el equipo 15 minutos más
22. Destapar la olla
23. Cerrar las aspás y extraerlas de la olla, sacudirlas y colocarlas dentro de un contenedor para evitar escurrimientos
24. Introducir el recipiente en el que se vaciaría la mezcla
25. Con ayuda de la manivela, ir controlando el ángulo de vaciado hasta verter toda la mezcla en el contenedor (si fuera necesario, ayudar con una espátula)

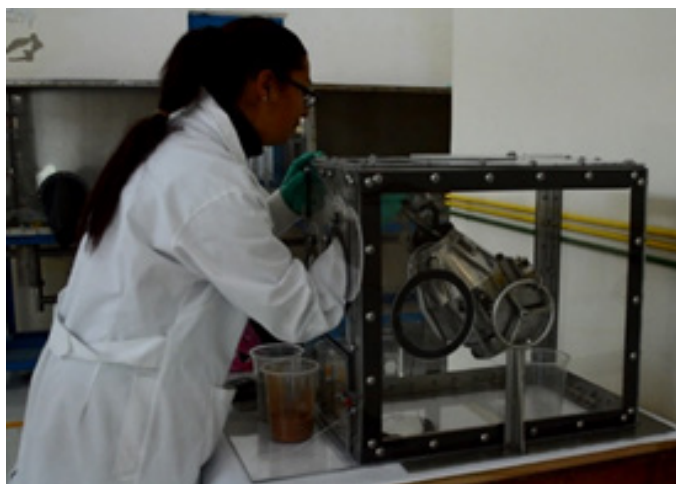
El ensayo consistió en verter en primer lugar los 800 g de arena y encender la revolvedora por 1 min girando a 56 RPM, posteriormente se incorporaron los 200 g de arcilla y se mezcló por un lapso de 3 minutos a 90 RPM, interrumpiendo el proceso a cada minuto para verificar la homogeneidad de la mezcla; una vez que se observó que la arena y la arcilla se habían mezclado perfectamente, se procedió a agregar el agua y mezclar por 30 min. a 90 RPM. Al igual que con la mezcla en seco, se vigiló que los ingredientes se fueran integrando hasta que se obtuvo una mezcla perfectamente homogénea. Al finalizar se vertió todo el contenido en un vaso de precipitados y posteriormente se realizó el proceso de limpieza.

Cabe mencionar que el orden de adición de los ingredientes puede variar de acuerdo al concreto que se diseñe.



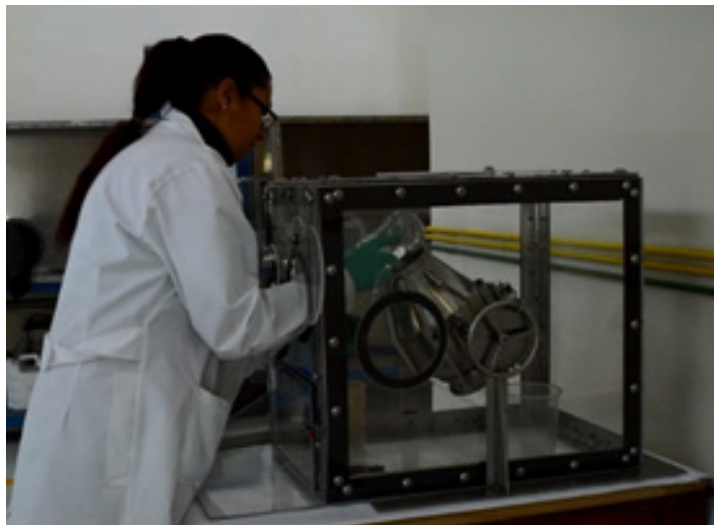
Arcilla y arena

Posicionamiento de olla
al inicio de la prueba



Introducción de espas

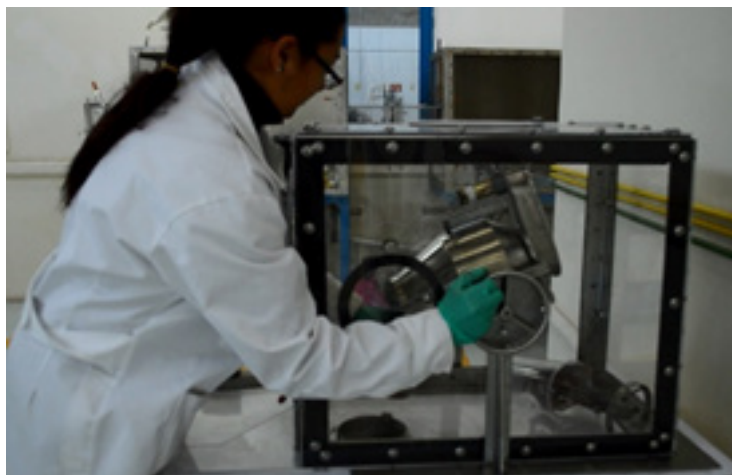
Vertido de arena



Vertido de agua

Extracción de aspas
previo al vaciado





Vertido de mezcla



Mezcla arena-arcilla en seco (izq.)

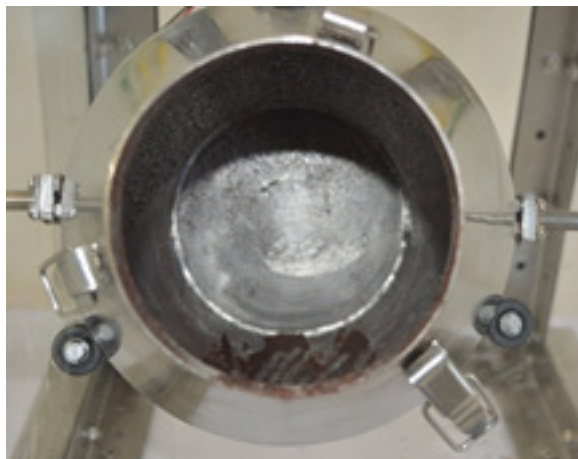


Mezcla final (dcha.)

Una vez que se vació todo el contenido de la olla se realizó un proceso de limpieza que consistió en regresar las aspas al interior y verter 150 mL de agua, tapar nuevamente y encenderla durante dos minutos para que con la velocidad del giro se fueran desprendiendo las partículas de la mezcla que pudieron haber quedado en las paredes y en las aspas. Se vació el agua para repetir la operación una vez más, con la misma cantidad de agua en un lapso similar de tiempo.



Aspas después del procedimiento de limpieza con agua



Interior de la olla después de limpieza con agua

Al destapar la olla y extraer las aspas se observó que este procedimiento es altamente efectivo si se realiza inmediatamente después de que la olla queda vacía . El agua junto con el movimiento logran limpiar en un 85 % la superficie de la olla y de las aspas (como se observa en las fotografías), así que fue necesario realizar una limpieza más detallada de las aspas, así

como limpiar el interior de la olla con un poco de papel semi húmedo.

Después de haber concluido con todo el proceso, se intercambiaron opiniones acerca de la manipulación del equipo con la persona encargada de operarlo, llegando a las siguientes conclusiones:

- + El manejo es fácil e intuitivo
- + Se opera con seguridad industrial y radiológica
- + Ahorra trabajo y esfuerzo
- + Es fácil de limpiar

- El espacio al interior llega a ser reducido
- Resulta un poco incómodo el hecho de que las tapas circulares no tengan forma de permanecer abiertas mientras se manipulan objetos al interior
- Presenta oportunidades de mejora

Cabe destacar que la mini revoladora fue presentada en el Pasillo de la Ciencia y la Tecnología del XXVI Congreso Técnico Científico ININ-SUTIN, recibiendo comentarios altamente favorables.

3.2 Gestión del proyecto

3.3.1 Determinación del costo del proyecto

Costo de mano de obra

Material	Cantidad	Costo
Hoja acero inoxidable calibre 11	14400 mm ²	\$164
Hoja acero inoxidable calibre 14	120572 mm ²	\$1797
Placa acero inoxidable 1/4"	102138 mm ²	\$686
Placa aluminio 1/4"	21605 mm ²	\$48
Placa de acrílico	1488475 mm ²	\$1356
Broches de tracción	3 pzas	276
Barra de acero inoxidable 1/2"	815.06 mm	\$613
Balero 6082RD TRANSLINK	3 pzas	\$45
Baleros acero inoxidable	3 pzas	\$57
Empaque tapa	1 pza	\$10
Catarina 5 picos	1 pza	\$75
Catarina 16 picos	1 pza	\$160
Cadena No. 40 BL. Marca Link Belt	35 cm	\$115

Tornillo hexagonal inoxidable 3/8 X 2" con 2 tca. Y 4 rond.	4	\$48
Tornillo cab gota inoxidable 3/4 con tca. y rond.	13	\$19
Tornillo hexagonal inoxidable 1/4 X 3/4" con tca. y rond.	3	\$6
Tornillo allen cab gota inoxidable 16 x 3/4" con tca y 2 rond.	100	\$642
Soldadura	1 kg	\$150
Bisagras	2 pzas	\$6
Foami	2 pliegos	\$80
Lijas	6 pzas	\$60
Motor	1 pza	\$70
Clamp	1 pza	\$228
TOTAL=		\$6711

Costo de Mano de Obra:

Total de tiempo (min) = 7124

Costo mano de obra x min. = \$4

Costo total mano de obra= **\$28496**

Costos de diseño:

*Costo por hora diseño= 300

Fase de diseño	Tiempo (horas)	Costo
Investigación	60	\$18000
Diseño	80	\$24000
Elaboración de planos	40	\$12000
Cotización de insumos y materias primas	8	\$2400
Ensamble	16	\$4800
Acabados	10	\$3000
Pruebas pre-entrega	8	\$2400
TOTAL=		222 \$66600

COSTO TOTAL DEL PRODUCTO= \$101807

3.3 Conclusiones

La construcción de una mini revolvedora para mezclas radiactivas de concreto ha beneficiado al personal del LDR del ININ, ya que de ahora en adelante, podrán hacer uso del equipo para preparar muestras de concretos con material radiactivo de manera cómoda, rápida, con seguridad industrial y radiológica, además de incrementar la eficiencia en los procesos.

La repetitividad del proceso queda garantizada gracias a que se pueden estandarizar tiempos, cantidades de material y la secuencia de pasos a seguir, por lo que se pueden generar procedimientos que resultan de vital importancia en la forma de trabajo del ININ.

El hecho de haber sido construida en el Taller de Fabricación de Prototipos del ININ tiene como ventaja conseguir fácilmente una refacción en caso de desgaste, o bien, re manufacturar alguna pieza en caso de ser necesario.

El equipo funciona satisfactoriamente y supera por mucho a la forma anterior en la que se hacía este trabajo.

Las personas encargadas de manipular el equipo deben recibir una capacitación previa, con la intención de que se haga un uso adecuado y que el funcionamiento del equipo se mantenga en óptimas condiciones el mayor tiempo posible.

El diseño del equipo contribuye a evitar la contaminación con materiales radiactivos del personal y objetos ajenos a la preparación de las mezclas de concreto, sin embargo debe atenderse siempre las recomendaciones de las normas de seguridad en cuanto al blindaje y tiempo de exposición.

Los materiales seleccionados tienen un excelente tiempo de vida útil, pero es importante seguir las recomendaciones de limpieza y descontaminación para que se mantenga funcionando en condiciones óptimas.

Pese a que este proyecto fue diseñado para uso exclusivo del ININ, surgió interés en la Universidad de Hidalgo por tener una réplica de la mini revolvedora para llevar a cabo pruebas de laboratorio con concretos.

El haber tenido la oportunidad de colaborar con un Instituto de investigación me permitió constatar que la interdisciplina y el trabajo en equipo dan como resultado proyectos de calidad que impulsan tanto el crecimiento personal como el de las industrias.

Fuentes

Bulbulian, S. (1987). *La radiactividad*. México: Fondo de Cultura Económica.

Domínguez Anaya, C. (2013). *Curso de protección radiológica*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

Duarte Alaniz, C. (2003). *Diseño y construcción de un prototipo para la obtención de 32P*. Metepec, Edo. Mex.

Electrónica-básica.com. (2006). Obtenido de *Electrónica-básica.com*: <http://www.electronica-basica.com/regulador-voltaje.html>

Emeterio Hernández, M. (2005). *Gestión de desechos radiactivos en México*. XI Congreso Mexicano de Química, Morelia Michoacán: MEMORIAS Sección química nuclear.

ENRESA. (2000). *Origen y gestión de residuos radiactivos*. Ilustre Colegio Oficial de Físicos.

Enríquez Harper, G. (2002). *Control de motores eléctricos*. México: Limusa.

G. Hewitt, P. (2004). *Física conceptual*. México: PEARSON.

García Librero, J. (7 de mayo de 2012). *Arquimateriales*. Obtenido de *Arquimateriales*: <https://arquimaterials.wordpress.com/2012/05/07/polimetilmacrilato-caracteristicas-y-propiedades/>

González Neri, M. (2015). *Control de calidad de concretos para acondicionamiento de fuentes radiactivas gastadas*. Toluca.

González Sprinberg, G., & Rabin Lema, C. (2011). *Para entender las radiaciones*. Uruguay: DIRAC.

H. Slabaugh, W., & D. Parsons, T. (1987). *Química General*. México: Limusa.

Harry Parker, M. (1984). *Texto simplificado de mecánica y resistencia de materiales*. México: Limusa.

IAEA. (2011). *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: normas básicas internacionales de seguridad*. Viena.

IAEA. (2014). *Desechos radiactivos: aceptar el reto*. Viena.

IMCYC. (2004). *Conceptos básicos del concreto*. México: Instituto Mexicano del Cemento y Concreto A.C.

Kress, R. (24 de Noviembre de 2014). *A concrete solution to nuclear waste?* Obtenido de energyBiz: <http://www.energybiz.com/article/15/11/concrete-solution-nuclear-waste>

Kumar Metha, P., & Monteiro, P. (1998). *Concreto. Estructura, propiedades y materiales*. México: Prentice-Hall.

MCI capacitación. (s.f.). Obtenido de MCI capacitación: <http://cursos.olimex.cl/modulacion-por-ancho-de-pulsos/>

Monroy Guzmán, F., Emeterio, M., & Pacheco Sotelo, J. (s.f.). *Gestión de desechos radiactivos en la Planta de Tratamiento de Desechos Radiactivos (PATRADER)*. *Contacto Nuclear*, 43,44.

Navarrete , M., & Cabrera, L. (1993). *Introducción al estudio de los radioisótopos*. México: UNAM.

(2013). *NORMA Oficial Mexicana NOM-004-NUCL-2013, Clasificación de los desechos Radiactivos*. México: Diario Oficial.

Parker, H. (1984). *Texto simplificado de mecánica y resistencia de materiales*. México: Limusa.

R. Askeland, D., P. Fulay, P., & J. Wright, W. (2013). *Ciencia e ingeniería de materiales*. México: Cengage Learning México.

RACSO. (21 de Mayo de 2014). *Arduino UTFSM*. Obtenido de Arduino UTFSM: <http://www.arduino.utfsm.cl/modulacion-por-ancho-de-pulso-pwm/>
Vasquez Barete, M. (s.f.). *Usted y la radiación nuclear*.



“Done is better
than perfect”

Mark Zuckerberg