



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño de dispositivo para producir
cintas corrugadas poliméricas**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero mecatrónico

P R E S E N T A

Sinuhé Vázquez González

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Fernando Velázquez Villegas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022

Agradecimientos

A mi madre, María Félix González Rosales

Le doy gracias a mi madre por haber estado siempre a mi lado, por apoyarme en todos los proyectos que he realizado y formar a la persona que soy el día de hoy. Muchas gracias por enseñarme a no darme por vencido sin importar que tan difícil se pongan las cosas. Soy el resultado de tu cuidado, de tus enseñanzas y del amor que me brindas día con día.

A mis hermanos, Fernando Mayorga González y Joseph Vázquez González

Gracias por el apoyo que me han brindado a lo largo de los años, sabemos que podemos tener momentos difíciles, pero también sabemos que contamos con el apoyo mutuo.

A mis tías, Amalia González Rosales y Amada González Rosales

Les agradezco por el apoyo que le dieron a mi madre, a mis hermanos y a mí en los momentos difíciles, ustedes también son responsables de que pude alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

Al Doctor Fernando Velázquez Villegas

Muchas gracias por ayudarme a completar uno de los mejores logros que he realizado, te agradezco el tiempo que te tomaste para que no me diera por vencido y las palabras de aliento que muchas veces me levantaron el ánimo y fueron de gran importancia para terminar este proyecto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Le agradezco a la Universidad por darme los conocimientos necesarios para tener una formación integral, agradezco a cada profesor que me dio clase y que gracias a ellos hoy puedo decir que soy ingeniero.

Contenido

Introducción.....	1
Objetivo.....	1
Capítulo 1 Marco teórico	2
1.1 Los polímeros.....	2
1.1.1 Clasificación de los polímeros.....	2
1.1.2 Efecto de la temperatura en termoplásticos	4
1.1.2.1 Temperatura de degradación.....	5
1.1.2.2 Temperatura de fusión.....	5
1.1.2.3 Estado vítreo	5
1.1.3 Propiedades mecánicas de los termoplásticos	6
1.1.3.1 Comportamiento elástico.....	6
1.1.3.2 Comportamiento plástico.....	6
1.1.4 Métodos de conformado de polímeros.....	7
1.1.4.1 Extrusión	8
1.1.4.2 Termo conformado	8
1.1.4.3 Inyección	8
1.1.4.4 Inyección soplado.....	8
1.2 Proceso de termoformado.....	9
1.3 Proceso de diseño de un producto.....	11
1.4 Planeación	13
Capítulo 2 Desarrollo del concepto	14
2.1 Identificación de necesidades.....	14
2.1.1 Jerarquización de las necesidades	14
2.2 Definición de especificaciones	16
Capítulo 3 Generación de conceptos.....	17
3.1 Diagrama funcional	17
3.2 Benchmarking (Comparación de productos o procesos).....	18
3.3 Selección del concepto	26

Capítulo 4 Diseño	32
4.1 Arquitectura del dispositivo	32
4.2 Mecanismo para regular la temperatura	33
4.3 Sistema para moldear material	36
4.4 Modelo final	37
Conclusiones	38
Bibliografía	39
Anexos	40

Introducción

El siguiente trabajo describe el proceso de diseño de un dispositivo para termoformar cintas poliméricas, las cuales serán empleadas como material aislante para un dispositivo electrónico.

La primera parte del trabajo muestra aspectos generales de los polímeros, definiciones, clasificación de estos, así como sus propiedades mecánicas y térmicas, las cuales son importantes al diseñar y al elegir el proceso de manufactura más adecuado.

El proceso de termoformado es descrito en este trabajo, sus etapas, materiales utilizados y los parámetros importantes que se deben conocer al aplicar este proceso de manufactura.

Posteriormente se aborda el proceso de diseño para la elaboración de productos, las etapas que este comprende, lo cual es importante conocer ya que es la base para el diseño del dispositivo planteado.

Conforme se avanza en el proyecto se van siguiendo las diferentes etapas de diseño y se da una descripción de lo realizado aterrizando la metodología de diseño para el caso particular del presente trabajo.

La parte final del trabajo muestra los diferentes subsistemas a los que se llega para la realización de las tareas que el dispositivo debe realizar, al final se muestran estos subsistemas integrados en un solo sistema que realiza la tarea de termo formar las cintas poliméricas.

Con base en lo anterior, se definió el siguiente objetivo para este trabajo:

Objetivo

Diseñar un dispositivo para producir cintas corrugadas de material polimérico.

Capítulo 1 Marco teórico

Este capítulo aborda aspectos generales de los polímeros y sus procesos de manufactura, así como una breve descripción del proceso de diseño productos, lo cual ayudará a comprender la elaboración de este proyecto.

1.1 Los polímeros

Los polímeros son materiales que consisten en cadenas moleculares. El peso molecular promedio de las cadenas varía de 10000 a más de un millón de g/mol y se forman cuando muchas moléculas o unidades se unen químicamente para formar moléculas gigantes conocidas como macromoléculas.

El peso molecular es la suma de las masas atómicas de cada molécula. La polimerización es el proceso por el cual las moléculas pequeñas que consisten en una sola unidad (conocida como monómero) o varias unidades (llamadas oligómeros) se unen químicamente para formar moléculas gigantes. Generalmente, la polimerización comienza con la formación de cadenas largas en las que los átomos están estrechamente unidos por enlaces covalentes. La mayoría de los polímeros son orgánicos, esto quiere decir que tienen una base de carbono, pero igualmente pueden ser inorgánicos. (por ejemplo, las siliconas basadas en una red Si-O).

Los plásticos son entidades compuestas en su mayoría de polímeros naturales y modificados, o polímeros producidos artificialmente que en ocasiones contienen fibras, rellenos, pigmentos y otros materiales similares que mejoran las propiedades. Entre los plásticos se encuentran los termoplásticos, termoestables y elastómeros (naturales o sintéticos).

Los plásticos son usados en muchas aplicaciones, algunos ejemplos son los siguientes: prendas de vestir, juguetes, enseres domésticos, elementos estructurales y decorativos, recubrimientos, pinturas, adhesivos, neumáticos, materiales biomédicos, defensas e interiores para automóviles, espumas y empaques. [1]

1.1.1 Clasificación de los polímeros

Los polímeros son clasificados de diferentes formas: según la síntesis de sus moléculas, su estructura molecular o por la familia química a la que pertenecen. Una manera de clasificar a los polímeros es establecer si se trata de un polímero lineal o un polímero ramificado. Un polímero lineal consta por cadenas moleculares con forma de espagueti. En un polímero ramificado existen cadenas primarias de polímero y cadenas secundarias más pequeñas (ramales) que nacen de las cadenas principales [1]. La figura 1.1 muestra lo anterior descrito.

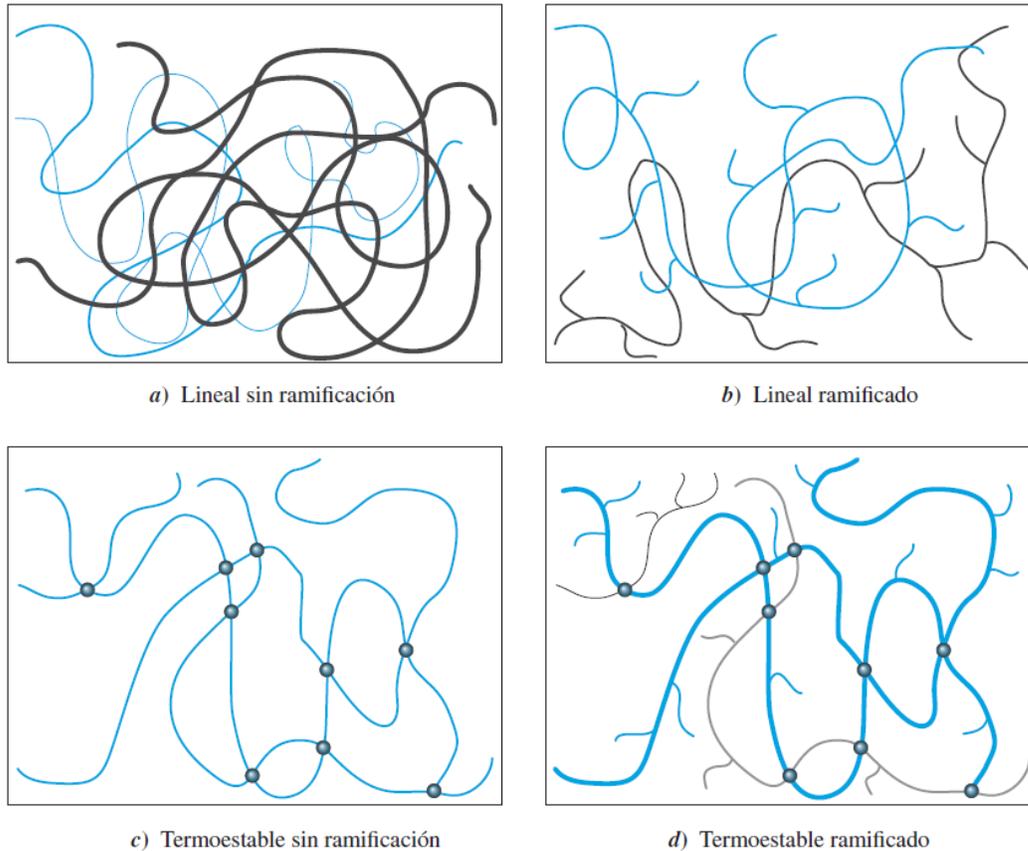


Figura 1.1 Clasificación de los polímeros [1]

La mejor manera de describir los polímeros es en función de su comportamiento mecánico y térmico.

Los termoplásticos consisten en largas cadenas producidas al combinar monómeros; tienden a comportarse plásticamente. Las cadenas pueden o no estar ramificadas. Las cadenas individuales están entrelazadas. Existen enlaces de van der Waals relativamente débiles entre átomos en diferentes cadenas. Esto se asemeja a algunos árboles agrupados. Los árboles pueden o no tener ramas, cada uno de ellos es independiente y no tiene contacto con ningún otro. En el caso de los termoplásticos las cadenas se pueden separar mediante esfuerzo de tracción. Los termoplásticos pueden ser amorfos o cristalinos. Cuando se calientan se ablandan y se derriten. Algunas formas se procesan calentándolas a altas temperaturas. Los termoplásticos pueden ser fácilmente reciclados. [1].

Los polímeros termoestables consisten en cadenas largas (lineales o ramificadas) de moléculas que están estrechamente interconectadas y entrelazadas para formar

estructuras de redes tridimensionales. Los polímeros de red o termoestables es como un manojo de hilos que se entretajan en diferentes lugares y que no se enredan fácilmente. Cada hilo puede unir a otros hilos laterales unidos a él. Los polímeros termoestables son generalmente fuertes, pero más frágiles que los termoplásticos. Los polímeros termoestables no se derriten cuando se calientan, sino que comienzan a desintegrarse. No se pueden procesar fácilmente después de que haya ocurrido la reacción de enlaces cruzados y, por lo tanto, tienen un reciclaje difícil.

La deformación elástica que se manifiesta en los elastómeros es superior al 200%. Las cadenas de polímeros son moléculas con forma espiral que se pueden estirar de forma reversible cuando se aplica una fuerza. Los elastómeros también son llamados cauchos.

Un grupo especial de polímeros son los elastómeros termoplásticos: son tan fáciles de procesar como los termoplásticos y presentan un comportamiento elástico similar al de los elastómeros [1]. La tabla 1.1 muestra la comparación de las tres categorías de los polímeros.

Comportamiento	Estructura general	Ejemplo
Termoplástico.	Cadenas lineales flexibles (con o sin ramificación).	Poliétileno.
Termoestable.	Red rígida tridimensional (las cadenas pueden ser lineales o ramificadas).	Poliuretano.
Elastómeros.	Termoplásticos o termoestables ligeramente entrelazados; consisten en moléculas semejantes a resortes.	Caucho natural

Tabla 1.1 Comparación de las tres categorías de polímeros [1].

1.1.2 Efecto de la temperatura en termoplásticos

Las propiedades de los termoplásticos cambian en función de la temperatura. El conocimiento preciso de como ocurren estos cambios es de gran ayuda para *a) diseñar mejores componentes, y b) guiar los métodos de procesamiento deben aplicarse.*

Cuando un termoplástico se enfría por debajo de su punto de fusión, puede ser amorfo o cristalino. Los termoplásticos ingenieriles muy a menudo consisten en áreas amorfas y cristalinas. La cristalinidad de los materiales termoplásticos se puede lograr por temperatura (enfriamiento lento) o mediante el uso de tensiones que rompen las cadenas (cristalización inducida por esfuerzo). Similar al endurecimiento por dispersión de los

materiales mecánicos, la formación de regiones cristalinas en una matriz amorfa ayuda a aumentar la resistencia de los termoplásticos. En los materiales termoplásticos convencionales, los enlaces dentro de las cadenas son covalentes, pero largas cadenas en espiral están “unidas” mediante enlaces de van der Waals y entrelazamiento. Cuando se le aplica un esfuerzo de tensión al termoplástico, puede superarse la débil unión entre las cadenas, lo que permite que estas giren y se deslicen de manera relativa. La facilidad con que dichas cadenas puedan deslizarse depende a su vez de la temperatura y la estructura del polímero [1].

1.1.2.1 Temperatura de degradación

A temperaturas muy altas los enlaces covalentes entre los átomos de cadenas lineales pueden destruirse y el polímero se puede quemar o carbonizar. En polímeros termoplásticos, la descomposición ocurre en estado líquido y en los polímeros termoestables en estado sólido. Esta temperatura T_d es la temperatura de degradación o descomposición [1].

1.1.2.2 Temperatura de fusión

Generalmente los materiales termoplásticos no se funden a una temperatura específica. En este sentido, existe un rango de temperaturas en que se presenta la fusión. A la temperatura de fusión T_f o superior, la unión entre las cadenas en espiral y entrelazadas es débil. Cuando aplica una fuerza, las cadenas se deslizan entre sí y el polímero fluye prácticamente sin ninguna deformación elástica. La resistencia y el módulo de elasticidad están cerca de cero, y el polímero está listo para fundirse y para muchos procesos de formado [1].

1.1.2.3 Estado vítreo

El polímero se vuelve duro y frágil como el vidrio cuando se encuentra por debajo de la temperatura de transición vítrea T_g . Nuevamente no se trata de una temperatura fija sino de rango de temperaturas. Algunas propiedades como la densidad o el módulo de elasticidad cambian con diferente rapidez cuando el polímero se enfría por debajo de la temperatura de transición vítrea.

La temperatura de transición vítrea frecuentemente es de 0.5 a 0.75 veces la temperatura de fusión absoluta T_f [1].

1.1.3 Propiedades mecánicas de los termoplásticos

Gran parte de los polímeros termoplásticos (fundidos y solidos) muestran un comportamiento viscoelástico y no newtoniano. El comportamiento es no newtoniano es decir, el esfuerzo y la deformación no tienen una relación lineal para la mayor parte de la curva esfuerzo-deformación [1].

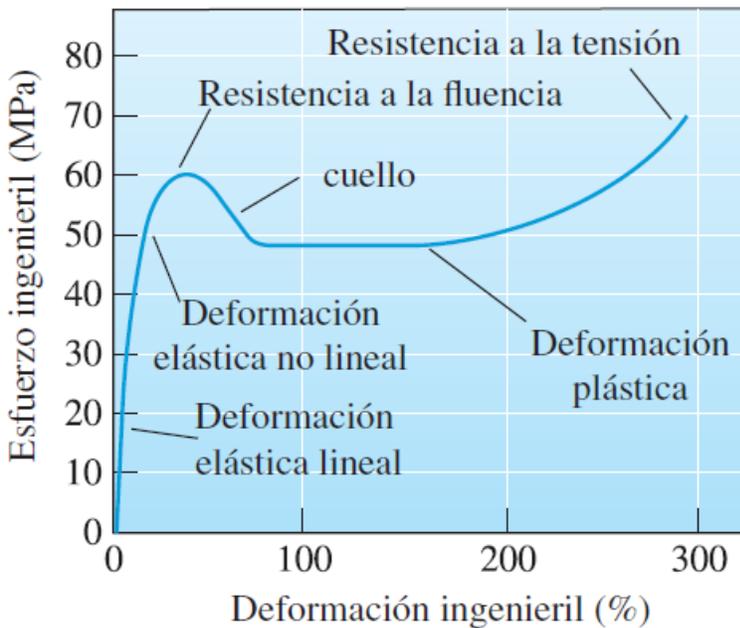


Figura 1.1.3 Curva ingenieril esfuerzo-deformación para el nylon, un termoplástico común [1]

1.1.3.1 Comportamiento elástico

Cuando se aplica un esfuerzo a un polímero hace que los enlaces covalentes de las cadenas se estiren y distorsionen, lo que permite una elongación inmediata. El comportamiento es similar al de los metales. [1].

1.1.3.2 Comportamiento plástico

Los polímeros se deforman plásticamente cuando el esfuerzo supera la resistencia a la fluencia. Sin embargo, a diferencia de la deformación en el caso de los metales, la deformación plástica no es consecuencia del movimiento de dislocaciones. Por el contrario, las cadenas se estiran, giran, se deslizan y se desenmarañan bajo la acción de la carga hasta provocar una deformación permanente [1].

1.1.4 Métodos de conformado de polímeros

Para el conformado de polímeros existen varios procesos, en los que se encuentran los siguientes:

- Extrusión
- Termo conformado
- Inyección
- Inyección Soplado

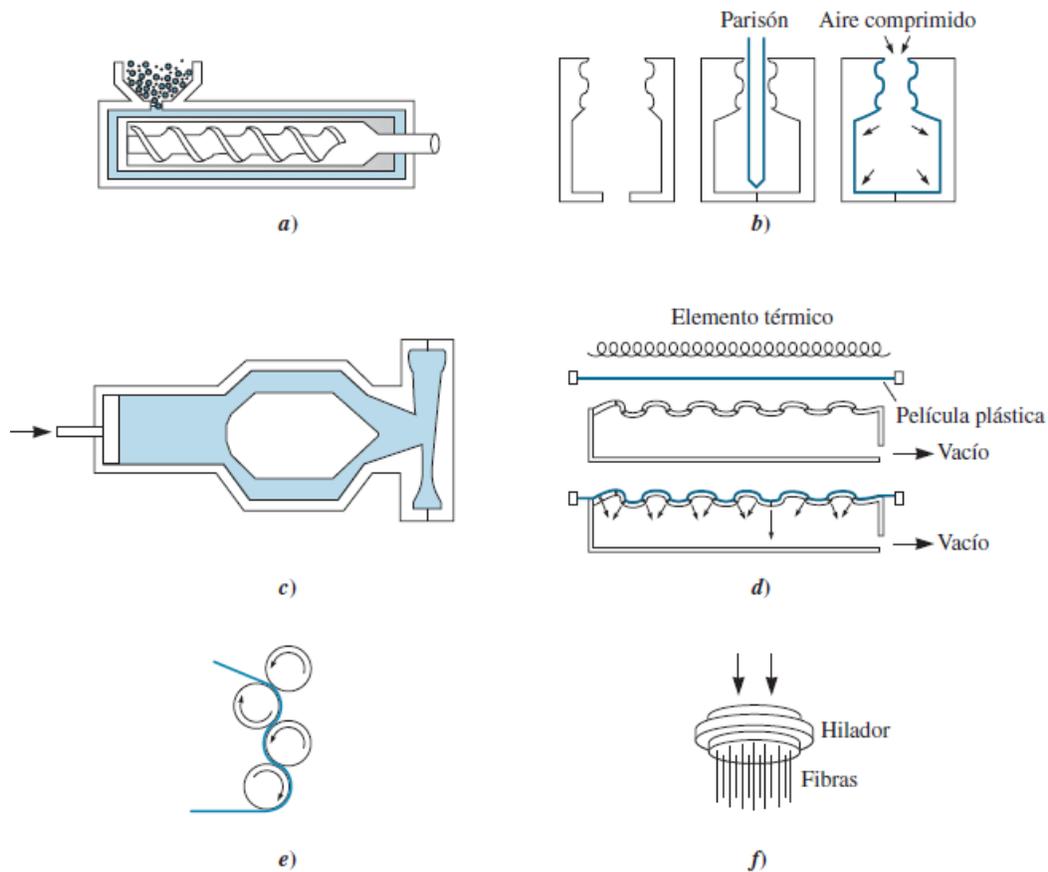


Figura 1.1.4 Procesos comunes de formación de plásticos: a) extrusión, b) moldeo por soplado, c) moldeo por inyección, d) termoformado, e) calandrado y f) hilado [1]

1.1.4.1 Extrusión

Es un proceso industrial mecánico en el que el plástico se presiona en un molde, gracias a esta presión, la cual debe ser constante se obtiene la forma deseada. Otra descripción del proceso es la siguiente:

El polímero fundido es forzado a pasar a través de un dado también llamado boquilla, por medio del empuje generado por la acción giratoria de un husillo (tornillo sinfín) que gira concéntricamente en una cámara a temperaturas controladas llamada cañón, con una separación milimétrica entre ambos elementos [2].

1.1.4.2 Termo conformado

El termo conformado más conocido como termoformado, es un proceso de transformación plástica en el que se calienta una lámina de plástico para que luego tome la forma del molde en el que se coloca. El termoformado se puede realizar mediante vacío, presión y temperatura.

El sistema más simple es el estirado de una lámina en estado semiclásico sobre un molde. A medida que la lámina topa con la superficie del molde, el estirado se detiene y, como resultado, las partes de la lámina que tocan al molde en primer lugar tienen un espesor mayor que el resto. Si el estirado es pequeño, no queda comprometida la integridad de la pieza y, por lo tanto, es el procedimiento más usado en el envase de tipo "blíster" y en los embalajes de tipo burbuja [3].

1.1.4.3 Inyección

La temperatura en los polímeros termoplásticos es elevada por encima de su punto fusión en una máquina de extrusión, son forzados a entrar en una matriz cerrada para producir la pieza deseada. Este es un proceso similar a la fundición de metales. Un pistón o algún mecanismo de tornillo especial aplica presión para forzar el polímero caliente hacia la boquilla. De esta forma, se elabora una amplia gama de productos, desde vasos, peines y complementos hasta botes de basura. [1].

1.1.4.4 Inyección soplado

A principios de la década de los años cuarenta se comenzó el proceso de soplado de materiales termoplásticos. En el desarrollo de las primeras máquinas de soplado el material que se usó fue el poliestireno y posteriormente el polietileno de baja densidad se utilizó en la primera aplicación comercial de gran volumen.

Básicamente el proceso de soplado está pensado para su uso en la fabricación de productos de plástico huecos; una de sus ventajas principales es su capacidad para producir formas huecas sin la necesidad de tener que unir dos o más partes moldeadas separadamente. Aunque hay diferencias considerables en los diferentes procesos de

soplado, todos tienen en común la producción de un precursor o preforma, su colocación en un molde hembra cerrado y la acción de soplarlo con aire para expandir el plástico fundido contra la superficie del molde, creando así el producto final [4].

Las etapas del proceso de inyección-soplado comprenden:

1. Fusión del material plástico.
2. Obtención del precursor o forma.
3. Introducción del precursor hueco en el molde de soplado.
4. Insuflado de aire dentro del precursor que se encuentra en el molde.
5. Enfriado de la pieza moldeada.
6. Desmolde de la pieza.

1.2 Proceso de termoformado

Termoformar es dar forma a una lámina de plástico, utilizando diferentes condiciones para alcanzar la forma deseada. Cuando una lámina de termoplástico se calienta por encima de su T_g (Temperatura de transición vítrea) o T_m (Temperatura de cristalización), puede ser capaz de formar una membrana libre y flexible, siempre y cuando el peso molecular sea lo suficientemente alto para soportar el estiramiento. En este estado calentado, la hoja puede ser arrastrada por vacío al contacto con la superficie fría de un molde, donde se enfría por debajo de T_g o T_m y se vuelve dimensionalmente estable en la forma del molde. El proceso a veces incluye vacío, presión (aire) y ocasionalmente, solo la fuerza de dos superficies individuales aplastando el plástico [5].

Las etapas que conforman el proceso anteriormente descrito son:

1. Calentamiento de la materia prima: Consiste en suministrar calor al polímero que deseamos cambiar de forma, este calor puede ser suministrado por medio de radiación, convección o contacto.
2. Moldeo del material: Es la parte del proceso que busca que el material adopte la geometría deseada por medio de un molde.
3. Enfriamiento del producto: En esta etapa se busca que el material que se está trabajando disminuya su temperatura.

Los parámetros que influyen en las etapas del proceso son los siguientes:

- **Temperatura de conformado:** Es la temperatura que el material debe alcanzar para ser moldeado. Depende de cada material y el espesor de este.
- **Tiempo de calentamiento:** Es el tiempo que tarda el material en alcanzar una temperatura uniforme, es diferente en cada material y depende del espesor.
- **Tiempo de enfriamiento:** Al igual que el parámetro pasado es diferente en cada material y depende del espesor. Debe ser suficiente para que el material alcance una temperatura uniforme.
- **Presión o vacío:** Este parámetro es de gran importancia, ya que debe permitir que el material adopte la geometría deseada. Depende en gran medida del espesor del material a trabajar.

La tabla 1.2 muestra algunos de los materiales utilizados en este proceso de manufactura, además los valores de temperaturas necesarios para trabajar con ellos.

POLÍMEROS	TEMPERATURA DE DEFLECCIÓN AL CALOR			TEMPERATURA DE TERMOFORMADO		
	A 264 PSI (°C)	A 66 PSI (°C)	SIN CARGA (°C)	TEMP. DE LA HOJA (°C)	TEMP DEL MOLDE (°C)	TEMP DE AYUDA (°C)
Acrílico extruido	94	98		135-175	65-75	
Acrílico cell-cast	96	110		160-180	65-75	
Acetobutirato de celulosa	65-75	75-80	120-150	140-160		
Polietileno de alta densidad		60-80	100	145-190	95	170
Polipropileno	55-65	110-115	140	145-200		
Poliestireno	70-95	70-100	100	140-170	45-65	90
Poliestireno alto impacto	85-95	90-95	120	170-180	45-65	90
SAN	100	105		220-230		
ABS	75-115	80-120	95	120-180	70-85	90
Polivinilo de cloruro (RV.C.)	70	75	110	135-175	45	80
Policarbonato	130	140	160	180-230	95- 120	140

Tabla 1.2 Polímeros y temperaturas de formado [6].

1.3 Proceso de diseño de un producto

Una definición del proceso de diseño de un producto es la siguiente:

El diseño de un producto involucra todo el proceso para la creación de nuevas ofertas por parte de una empresa o marca. Comienza desde el análisis del problema a resolver, pasando por el funcionamiento y los materiales utilizados, hasta la forma final en el que los clientes lo recibirán. El producto final de este proceso puede ser un artículo físico, un software o un servicio [7].

Las seis fases del proceso genérico de desarrollo de productos son:

0. *Planeación*: Es la etapa conocida como fase cero y proviene de la autorización del proyecto. La fase da inicio con la identificación de oportunidades guiadas por la estrategia de la empresa e incluye una evaluación del desarrollo tecnológico y los objetivos del mercado. El resultado de esta primera etapa es la definición del propósito comercial del producto, los objetivos comerciales, suposiciones clave y restricciones.
1. *Desarrollo del concepto*: En esta etapa de diseño se logran identificar las necesidades del mercado al cual va dirigido el producto, se generan y evalúan conceptos alternativos del producto y algunos son seleccionados para desarrollo y pruebas adicionales. Un concepto es una descripción de la forma, función y características de un producto; por lo general, está acompañado por un conjunto de especificaciones, un análisis de productos de la competencia y una justificación económica del proyecto.
2. *Diseño a nivel sistema*: En esta etapa se define la arquitectura del producto y su descomposición en subsistemas y componentes. Además, los planes preliminares para el sistema de producción y el plan de ensamblaje final para el sistema de producción generalmente se determinan en esta etapa. El resultado de esta etapa generalmente incluye el diseño geométrico del producto, la especificación funcional de cada subsistema del producto y el diagrama de flujo.
3. *Diseño de detalle*: Esta fase incluye la definición de la geometría completa, los materiales y las tolerancias para todas las partes únicas del producto, así como la identificación de todas las partes estándar que se comprarán a los proveedores. Para cada pieza producida en el sistema de producción, se elabora un plan de proceso y se diseña un herramental. El resultado de esta etapa es la documentación de control del producto, es decir, dibujos o archivos informáticos que describan la geometría de cada pieza y su herramental de producción, los datos técnicos de las piezas adquiridas y los planos de fabricación y montaje del producto. Tres cuestiones muy importantes que se consideran mejor en el proceso de desarrollo del producto, pero se finalizan en la fase de diseño de detalle, son: la selección de materiales, el costo de producción y el desempeño robusto del producto.

4. *Pruebas y refinamiento*: Durante esta fase se construye y evalúan varias versiones de preproducción del producto. Los primeros prototipos (alfa) generalmente se construyen a partir de piezas destinadas a producción, es decir, piezas que tienen la misma geometría y propiedades de material que la versión de producción del producto, pero que pueden no fabricarse mediante los procesos reales de producción. Los prototipos alfa se prueban para determinar si el producto funciona según lo planeado y si el producto satisface las necesidades de clientes clave. Los prototipos posteriores (beta) generalmente se construyen con piezas obtenidas durante los procesos de producción, pero no se pueden ensamblar usando el proceso de ensamble final previsto. Los productos beta se evalúan minuciosamente internamente y los clientes los prueban en su entorno de trabajo. El propósito de los productos beta suele responder preguntas sobre funcionalidad y la confiabilidad para identificar los cambios técnicos necesarios para el producto final.
5. *Inicio de producción*: En esta etapa el producto se elabora usando el sistema de producción pretendido. El objetivo inicial es capacitar al personal y resolver cualquier problema en los procesos de producción. Los productos elaborados durante el inicio se proporcionan a veces a clientes preferidos y son cuidadosamente evaluados para identificar cualquier falla. La transición de inicio reproducción a producción en curso suele ser gradual. En algún punto de esa transición, el producto es lanzado y queda disponible para su distribución generalizada. Más adelante puede efectuarse una revisión del proyecto posterior al lanzamiento. Esta revisión incluye una evaluación del proyecto desde las perspectivas tanto comercial como técnica, y que tiene la finalidad de identificar formas de mejorar el proceso de desarrollo para proyectos futuros. [8]



Figura 1.3 Proceso de diseño [8]

1.4 Planeación

Se requiere obtener cintas poliméricas corrugadas para funcionar como material aislante en forma de carretes, para ello se necesita diseñar un dispositivo que cumpla con la tarea mencionada, la siguiente tabla muestra de manera general las características del proyecto a realizar.

Declaración de la misión: Dispositivo para producir cintas corrugadas	
Descripción del producto	<ul style="list-style-type: none">• Herramienta manual, eléctrica, para dar forma a cintas termoplásticas.
Propuesta de valor	<ul style="list-style-type: none">• Dar forma a cintas termoplásticas.
Suposiciones	<ul style="list-style-type: none">• Manual• Eléctrico
Involucrados	<ul style="list-style-type: none">• Usuario (Investigador).

Tabla 1.4 Características generales del proyecto

Capítulo 2 Desarrollo del concepto

Una parte esencial en el proceso de diseño es la identificación de necesidades del usuario o la persona que solicita algún proyecto, en este capítulo se ven cuáles fueron las necesidades o características que el dispositivo debe tener y posteriormente se trasladan esas necesidades a valores cuantificables.

2.1 Identificación de necesidades

Las necesidades que fueron solicitadas para el diseño de este dispositivo son las siguientes:

- Dispositivo debe calentar una cinta polimérica delgada y continua para corrugarla por termoformado.
- Dispositivo compacto.
- Sistema para regular el calor suministrado.
- Herramental para generar la geometría deseada.
- Sistema para enfriar material.

2.1.1 Jerarquización de las necesidades

La siguiente tabla muestra el nivel de importancia de las características que debe tener el dispositivo, los valores comprenden del 1 al 5, siendo 5 muy importante y 1 poco importante.

• Dispositivo debe calentar una cinta polimérica delgada y continua para corrugarla por termoformado.	5
• Dispositivo compacto lo más posible.	3
• Sistema para regular el calor suministrado.	3
• Herramental para generar la geometría deseada.	5
• Sistema para enfriar material	3
• Trabajar con cintas poliméricas delgadas.	4

Tabla 2.1.1 Jerarquización de las necesidades del dispositivo

Las razones del porqué se dieron son las siguientes:

- Dispositivo debe calentar una cinta polimérica delgada y continua para corrugarla por termoformado. Esta característica tiene un 5 en nivel de importancia porque es el objetivo principal del dispositivo, sin ella no se tiene la tarea principal para el que el dispositivo fue diseñado.
- Herramental para generar la geometría deseada. Tiene un 5 porque es la característica que realiza la tarea principal del dispositivo.
- Trabajar con cintas poliméricas delgadas. La razón por la cual es de gran importancia esta característica es que es un requisito declarado en el objetivo del presente proyecto.
- Dispositivo compacto lo más posible. Es importante esta característica, pero no esencial para realizar la tarea requerida.
- Sistema para regular el calor suministrado. Se puede trabajar con una temperatura fija para un solo tipo de polímero, tener un sistema de regulación da como consecuencia tener más de un tipo de polímero.

2.2 Definición de especificaciones

La mejor manera de tener claro lo que se pretende diseñar es convertir las necesidades en especificaciones las cuales expliquen de manera precisa y medible lo que el dispositivo pretende hacer. La Tabla 2.2 muestra como las necesidades que fueron proporcionadas se convierten en necesidades con las que se puede empezar a trabajar.

Necesidad	Especificación.
Dispositivo debe calentar una cinta polimérica delgada para poder cambiar su forma.	El dispositivo deberá elevar la temperatura del polímero entre 180° a 220 °C.
Dispositivo compacto.	Las dimensiones del dispositivo deberán ser de 1m x 1m x 1m como máximo.
Sistema para regular el calor suministrado.	El sistema deberá contar con un mecanismo que varíe la distancia entre el suministrador de calor y el material a trabajar de 70mm a 120 mm.
La altura del corrugado debe ser mayor al espesor de la cinta polimérica.	La cinta polimérica tiene un espesor de 3 a 5 mm.
Sistema para enfriar material	El sistema deberá contar con una sección que permita que el material trabajado baje su temperatura a los 27°C
Trabajar con cintas poliméricas delgadas.	El dispositivo trabajara con cintas poliméricas de 3mm x 5mm.

Tabla 2.2 Necesidades y especificaciones.

Capítulo 3 Generación de conceptos

3.1 Diagrama funcional

Una vez que se conocen las necesidades que se pretenden satisfacer con el dispositivo y se traducen a especificaciones que den valores cuantitativos, es posible comenzar con el proceso de diseño. La figura 3.1 muestra el diagrama funcional del dispositivo a diseñar.

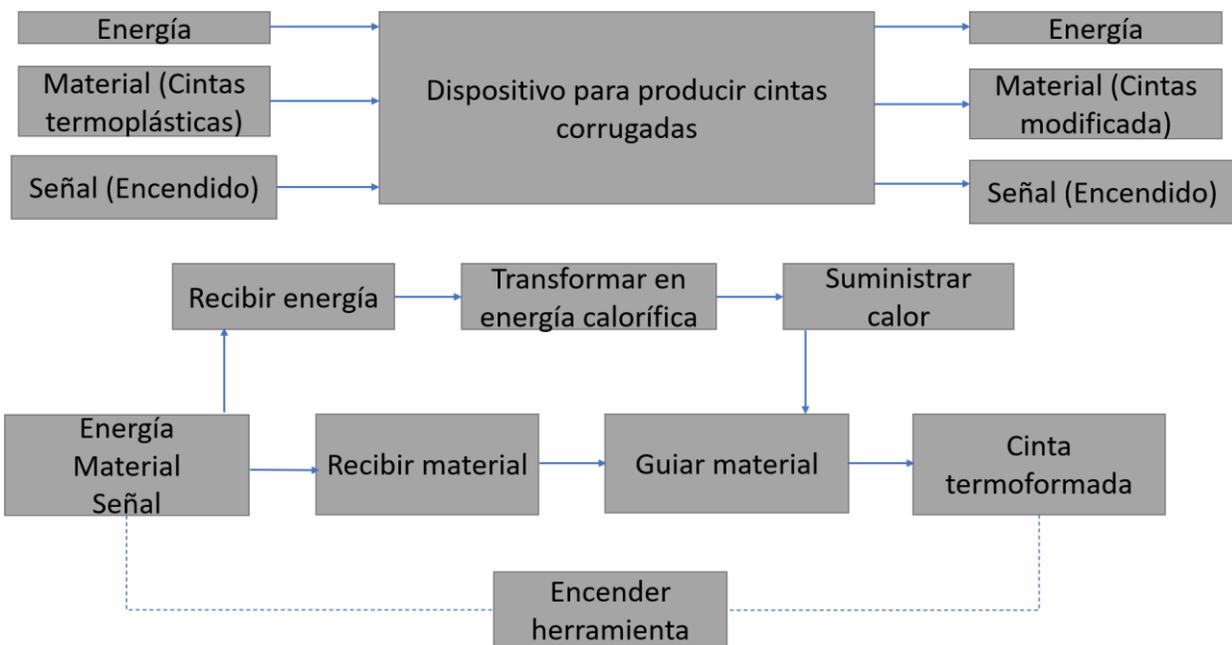


Figura 3.1 Diagrama funcional

3.2 Benchmarking (Comparación de productos o procesos)

En el contexto de generación de un concepto, benchmarking es el estudio existente con funcionalidad similar a la del producto en desarrollo o a los subproblemas en los que se está centrando el equipo. El benchmarking puede revelar conceptos existentes que se han puesto en práctica para resolver un problema particular, así como la información sobre puntos fuertes y débiles de la competencia [8].

Después de realizar una búsqueda de dispositivos o procesos que realicen tareas similares a la nuestra, se encontró con los siguientes los cuales pueden ser punto de partida para el diseño de nuestro dispositivo.

Producción de cartón corrugado. Es un proceso en el cual a varias capas de papel se introducen a una maquina llamada “corrugador”, dentro de esta, al papel se le suministra calor para después pasar por varios rodillos los cuales darán la forma conocida del cartón corrugado.

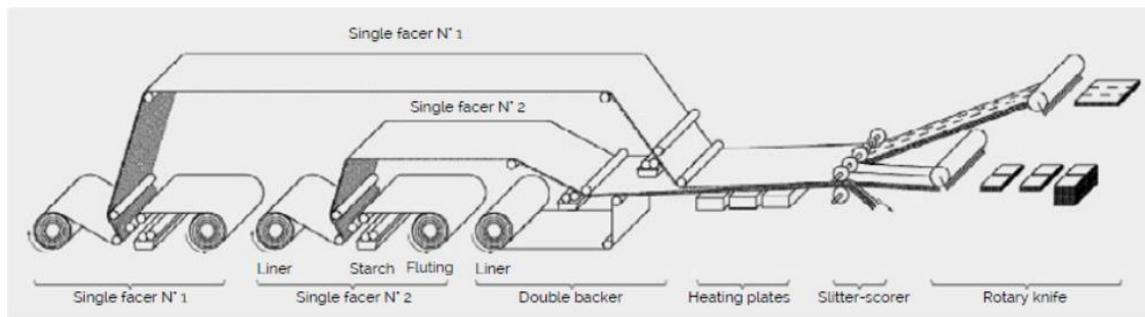


Figura 3.2.1 Proceso para corrugar cartón [9].

Proceso de gofrado: Este es un proceso que nos permite dar relieve a papel u otro tipo de materiales a través de la fuerza ejercida por dos cilindros, los cuales contienen el dibujo o forma que se desee marcar. La empresa “Embossing World” es poseedora de una máquina que realiza este tipo de tareas, en la figura 3.2.2 se muestra dicha máquina.

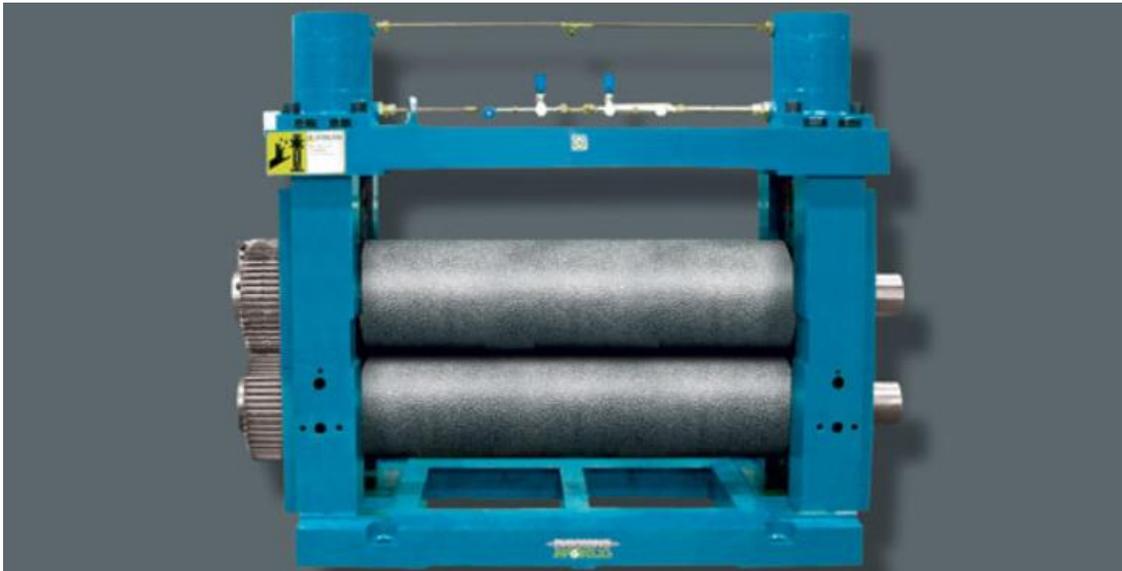


Figura 3.2.2 Máquina de gofrado de la empresa Embossing World [10].

Con base en la búsqueda de productos similares y apoyándose en las especificaciones y el diagrama de funciones se llega al resultado de tareas concretas o subsistemas que el dispositivo debe realizar. La figura 3.2.3 muestra las tareas a realizar.



Figura 3.2.3 Funciones que realiza el dispositivo.

Suministrar material

La primera tarea en la que se dividen las funciones de esta máquina es la de suministrar material.

Para se consideran un par de rodamientos guía, cuya línea entre centros es perpendicular a la cinta. De esta manera esta no pierde la trayectoria.

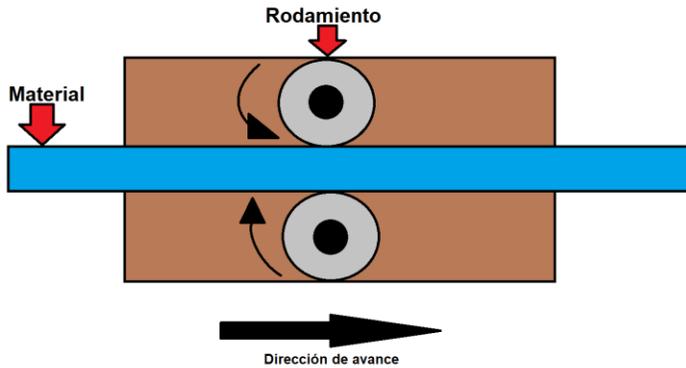


Figura 3.2.4 Sistema apoyado por rodamientos a los costados.

Es importante conocer las dimensiones que tendrá la cinta termoplástica para de este modo saber que distancia de se tendrá ente los rodamientos, es importante decir que lo más probable será que no solo tendríamos un par de rodamientos, si no, varios de ellos a través de todo el proceso y toda la trayectoria que tendrá que seguir nuestro material.

Otra posible solución es el uso de rodillos en la cual un extremo del material se encuentra sujeto a un rodillo y este se irá enrollando a medida que el proceso avance, es esta forma la trayectoria quedará fija y segura de no desviarse.

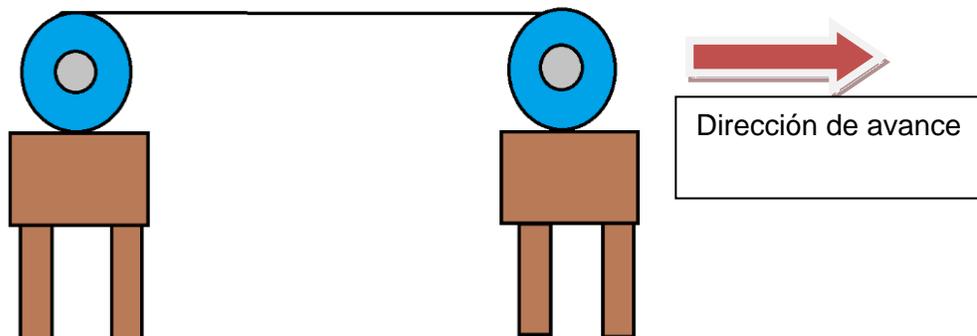


Figura 3.2.5 Rodillos enrollando material.

Calentar material

La siguiente tarea consiste en calentar el material para que este pueda ser moldeado en una etapa posterior. En esta etapa se debe escoger la manera o dispositivo por el cual se deberá elevar la temperatura del material.

Una solución es el uso de resistencias eléctricas que eleven su temperatura a medida que se suministra voltaje.

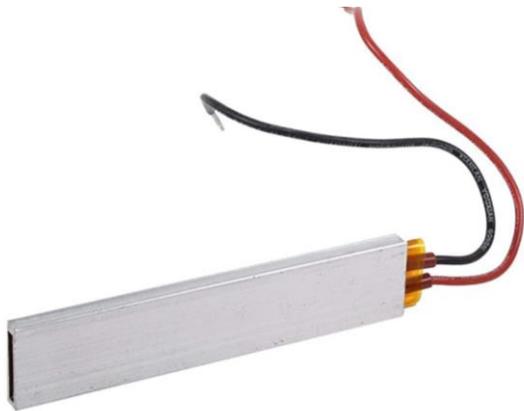


Figura 3.2.6 Resistencia comercial.

La resistencia mostrada en la figura 3.2.7 da una potencia de 140 W a un voltaje de 110 V alcanzado una temperatura de 220 °C. Es importante decir que la emisión de calor es hacia todas direcciones.

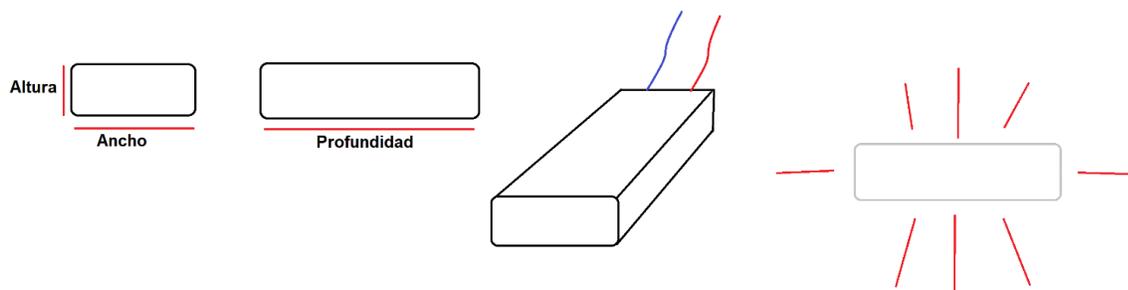


Figura 3.2.7 Geometría de la placa y emisión de calor.

Una forma de aprovechar de manera más eficiente de energía emitida es que la parte que no esté irradiando calor directo al material se encuentre de frente a una superficie que refleje ese calor, podría ser algo como lo que se muestra en la figura 3.2.8.

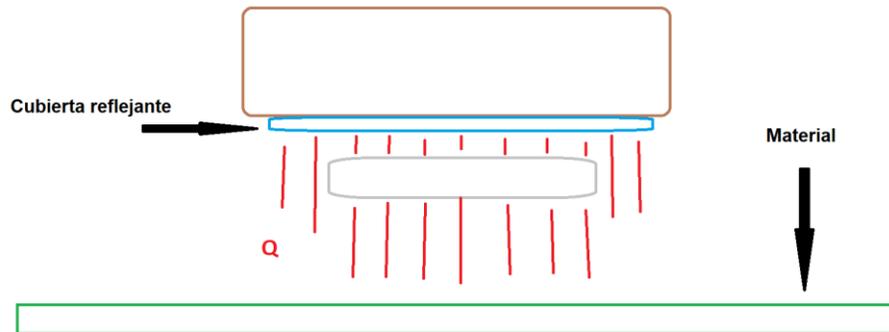


Figura 3.2.8 Etapa para calentar el material. Se muestra el soporte donde estará montada la resistencia y la cubierta reflejante de calor. Este soporte deberá ser cubierto de un aislante térmico.

Moldear material

La siguiente tarea será la encargada moldear el material acorde a la geometría que se desea obtener.

En esta etapa la propuesta es colocar ruedas dentadas que serán los encargados de darle la geometría a la cinta termoplástica.

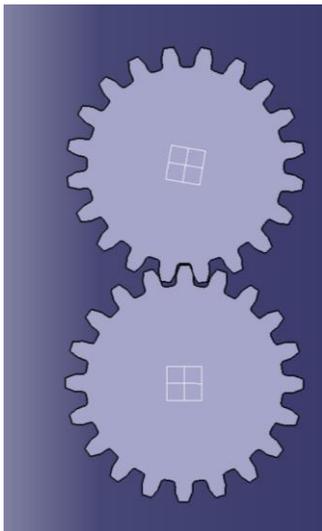


Figura 3.2.9 Ruedas dentadas encargadas de moldear el material.

Enfriar material

Esta etapa consiste en enfriar el material una vez que este fue moldeado.

Para esta etapa existen varias alternativas que pueden darle solución a esta tarea. Una podría ser por medio de aire, y otra por medio de otro fluido como agua, ya sea que se suministre a través de una boquilla o depositada en alguna especie de tanque.

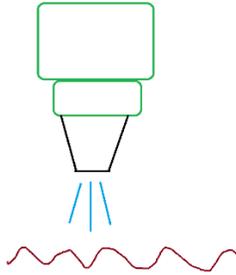


Figura 3.3 Sistema de enfriamiento utilizando una boquilla.

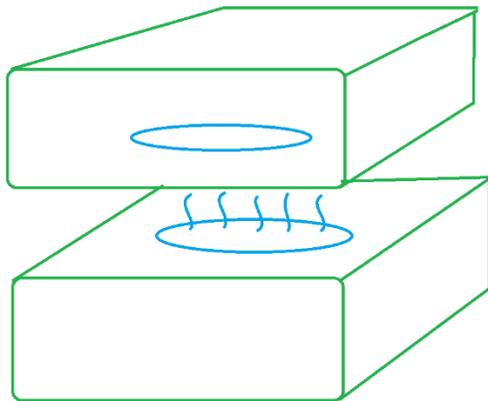


Figura 3.4 Sistema de enfriamiento utilizando ventiladores.



Figura 3.5 Sistema de enfriamiento utilizando líquidos

Enrollar el producto final

Esta etapa consiste en enrollar el material.

Una solución puede ser que una persona este junto al eje en el cual se estará enrollando este material, esto solo sería al principio para que el polímero tenga donde llegar, debido a que el eje estará girando a velocidad constante el material se estará enrollando solo y el operario no tendrá que quedarse durante todo el proceso.

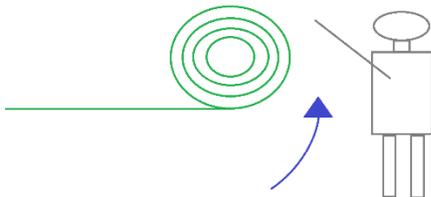


Figura 3.6 Operario enrollando material.

Otra posible solución será que el material desde un principio ya se encuentre fijo en un eje y a medida que el proceso avanza este se siga depositando en el eje final, algo parecido a lo que muestra la figura 3.7.

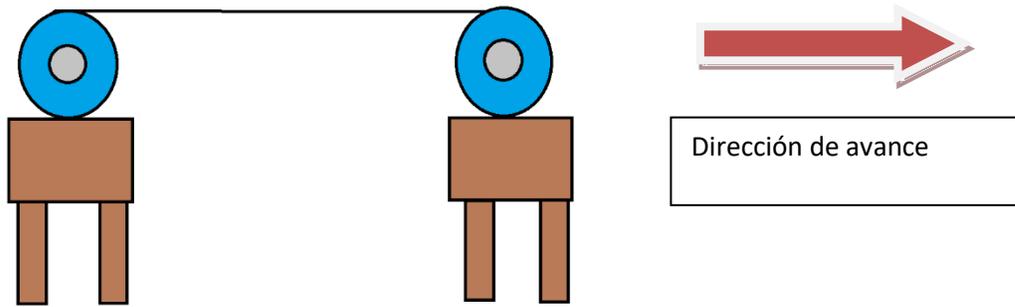


Figura 3.7 Uso de rodillos

El eje donde se almacenará el producto final debe tener una geometría que permita que el producto final no se maltrate o pierda la forma que se desea.

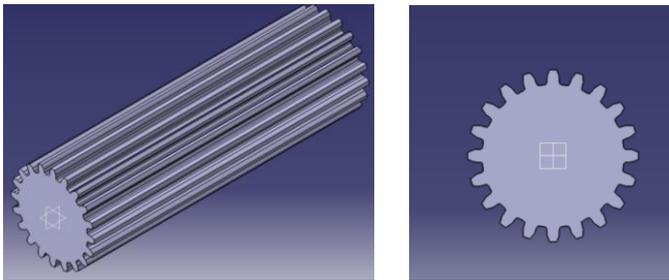


Figura 3.8 Eje donde se enrollará el producto ya trabajado.

3.3 Selección del concepto

En algunos subsistemas del dispositivo se encontraron varias soluciones que satisfacen la tarea a realizar. Esta parte muestra los criterios para la selección más apropiada del concepto que satisface la tarea correspondiente.

Etapas: Guiar Material

Soluciones: Uso de rodamientos, Uso de rodillos.

Concepto/Criterios	Facilidad de instalación	Facilidad de reparo	Costo	Vinculación con otras tareas	Durabilidad	Suma
Rodamientos	5	8	7	0	8	28
Rodillos	7	8	4	8	8	35

Concepto seleccionado: Rodillos.

Etapas: Enfriar Material.

Soluciones: Boquilla, Ventilador, Deposito de liquido

Concepto/Criterios	Instalación	Costo	Durabilidad	Facilidad de reparo	Volumen de trabajo	Suma
Boquilla	6	5	8	7	9	35
Ventilador	8	7	8	7	8	38
Depósito de liquido	4	4	8	7	5	28

Concepto seleccionado: Ventilador.

Etapas: Enrollar material

Soluciones: Operario, Rodillos

Concepto/criterios	Costo	Durabilidad	Vinculación con otras tareas	Suma
Operario	5	4	3	12
Rodillos	5	7	8	20

Concepto seleccionado: Rodillos.

Nota: El uso de rodillos será el concepto seleccionado para las tareas de guiar el material y enrollar el mismo una vez el proceso de manufactura termine.

Las etapas que consisten en calentar el material y darle forma no tienen más de una solución, es por eso por lo que no se someten a una evaluación de criterios.

Las etapas que conforman el sistema y los conceptos que dan solución quedan de la siguiente manera:

ETAPA	CONCEPTO
Guiar material	Rodillos
Calentar material	Resistencia eléctrica
Moldear material	Rueda dentada
Enfriar material	Ventiladores
Enrollar material	Rodillos

Prueba de conceptos.

Prueba para guiar el material. Tener físicamente los rodillos y ver cómo se comporta alguna cinta al enrollarla

Prueba de Calentar material. Medir la temperatura que alcanzan las resistencias eléctricas y verificar si esa temperatura es la indicada para poder moldear las cintas poliméricas.

Para la siguiente prueba se utilizaron los siguientes materiales

- 2 placas térmicas
- 1 termómetro digital laser
- Aluminio
- cartón
- cronometro
- madera
- placa de acrílico de 5 mm de espesor
- placa de acrílico de 3 mm de espesor

El experimento consistió en crear una pequeña recámara de madera y cartón donde se colocó las dos placas térmicas a una separación de 30 milímetros entre sí y a la mitad de estas una pequeña placa de acrílico de 25 milímetros por 45 milímetros. Las paredes de la recámara fueron hechas de cartón y su interior fue forrado de aluminio el cual ayudó a reflejar el calor emitido por las placas térmicas. En todo momento se tomó lectura con el termómetro laser para tener registro de la temperatura que la placa de acrílico alcanzó durante todo el experimento. La siguiente fotografía muestra lo anterior descrito.



Ilustración 1 Prueba para medir la temperatura que alcanzan las placas térmicas. Cámara elaborada de cartón como material aislante con cubierta interior de aluminio para reflejar el calor emitido por las dos placas térmicas, al centro se encuentra la tira de acrílico siendo medida en su temperatura por un termómetro laser.

Una vez montados correctamente tanto placas térmicas como de acrílico se conectaron las placas térmicas a la corriente eléctrica y estas empezaron a emitir calor hacia la placa de aluminio, se tomó registro del tiempo y la temperatura en intervalos de 10 segundos los resultados fueron los siguientes:

Para placa de 5 milímetros:

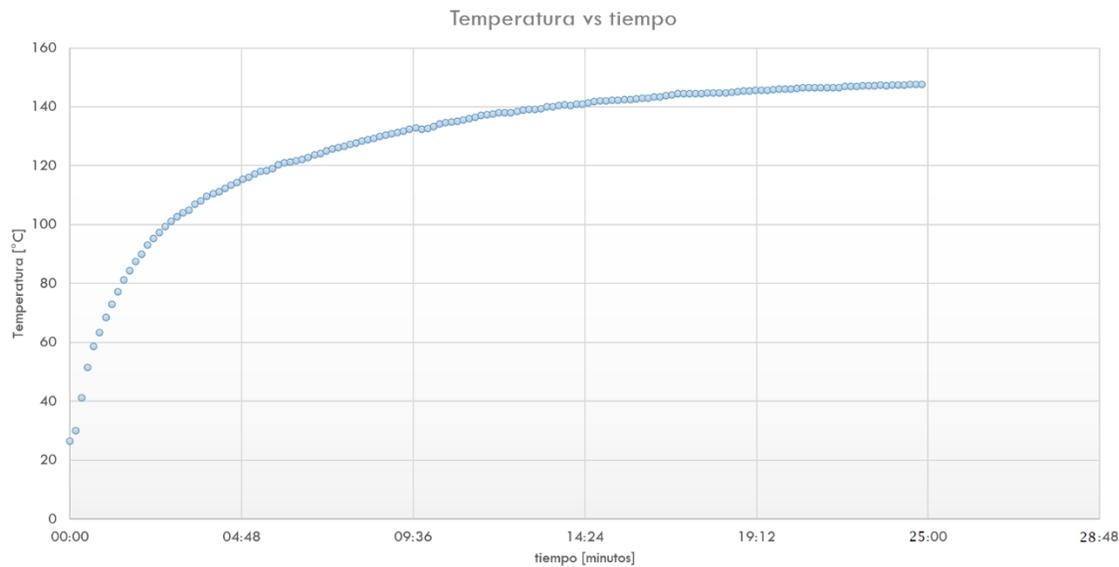


Ilustración 2 Grafica temperatura vs tiempo de la placa de 5 milímetros de espesor

Se llega a la conclusión de que con ayuda de dos placas térmicas a una distancia de 30 milímetros y colocando en medio de estas una placa de acrílico de 5 mm de espesor la temperatura máxima alcanzada es de 147 °C en un tiempo de 23 minutos.

El mismo experimento se realizó ahora con una placa de 3 milímetros de espesor y los resultados fueron los siguientes:

Y la gráfica correspondiente es esta:

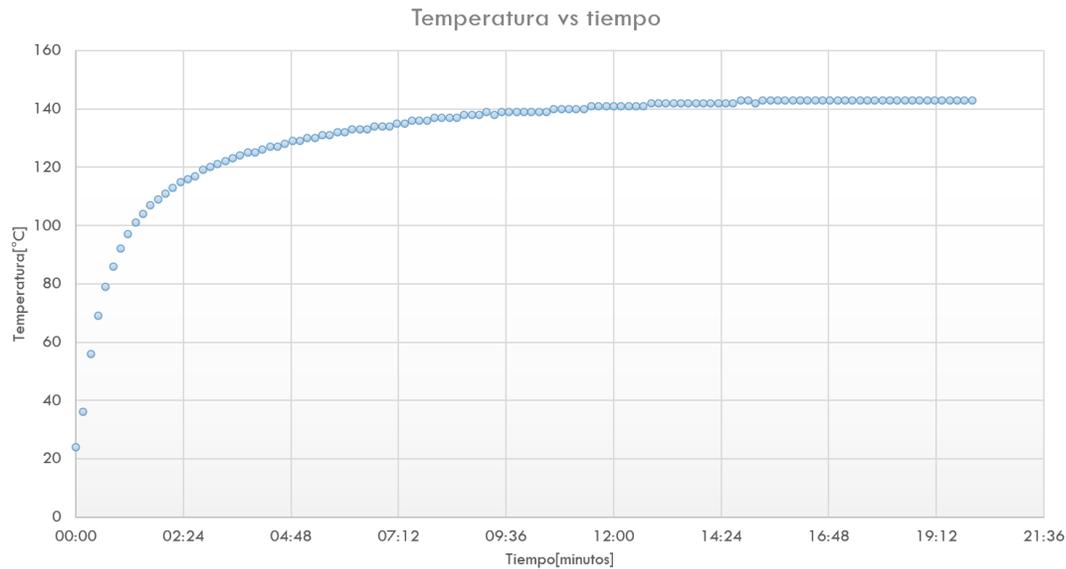


Ilustración 3 Grafica temperatura vs tiempo de la placa de 3 milímetros de espesor

Para este segundo experimento la temperatura máxima alcanzada fue de 143 °C en un tiempo de 20 minutos.

Después de haber realizado las pruebas de temperatura se llegó a la conclusión de que se necesitaran más placas térmicas para alcanzar una temperatura mayor

Prueba de moldear material. Hacer pasar la cinta entre dos ruedas dentadas y verificar la forma que esta tenga después de dicha acción, verificar si es la forma deseada.



Ilustración 4 Guía metálica pasada entre dos ruedas dentadas. Imágenes encontradas en los perfiles de los usuarios @to.go1994(izquierda) y @mechanical_tube(derecha) en la red social Instagram.

Prueba de enfriar material. Utilizar un ventilador de computadora, medir el tiempo en el que este enfría la cinta y medir la temperatura a la que se llega con ayuda de este aparato.

Enrollar material. Utilizar los rodillos para enrollar el material y observar que este se enrolle sin ningún inconveniente.

Capítulo 4 Diseño

En este capítulo se verán los diseños de los diferentes subsistemas del dispositivo y al final se mostrará la propuesta final con los subsistemas integrados.

4.1 Arquitectura del dispositivo

La figura muestra la arquitectura que tendrá el dispositivo en donde se muestran con números cada una de las etapas que conforman el proceso.

1. Guiar material.
2. Calentar material.
3. Moldear material.
4. Enfriar material.
5. Enrollar material.

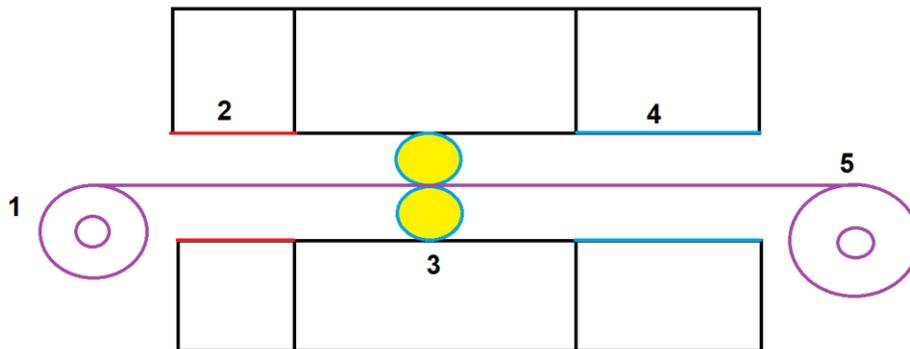


Figura 4.1 Arquitectura del dispositivo

Se observa que la principal ventaja de esta arquitectura es que está dividida en módulos, lo cual nos permite hacer cambios o reparaciones si el dispositivo lo requiere, ahorrando tiempo y no comprometiendo subsistemas de este.

4.2 Mecanismo para regular la temperatura

Para el diseño del mecanismo que será parte del subsistema 2(Calentar material) se tomó en cuenta las siguientes consideraciones.

- El mecanismo debe tener una separación mínima de 7 cm.
- El mecanismo debe tener una separación máxima de 12 cm.
- El mecanismo debe poder regular la separación entre las resistencias eléctricas.

Para la realización del mecanismo se hizo una búsqueda de diferentes mecanismos que realizaran la tarea de separar dos superficies planas y se encontró con el siguiente mecanismo encontrado en el perfil del usuario @mahan_machinery en la plataforma Instagram.

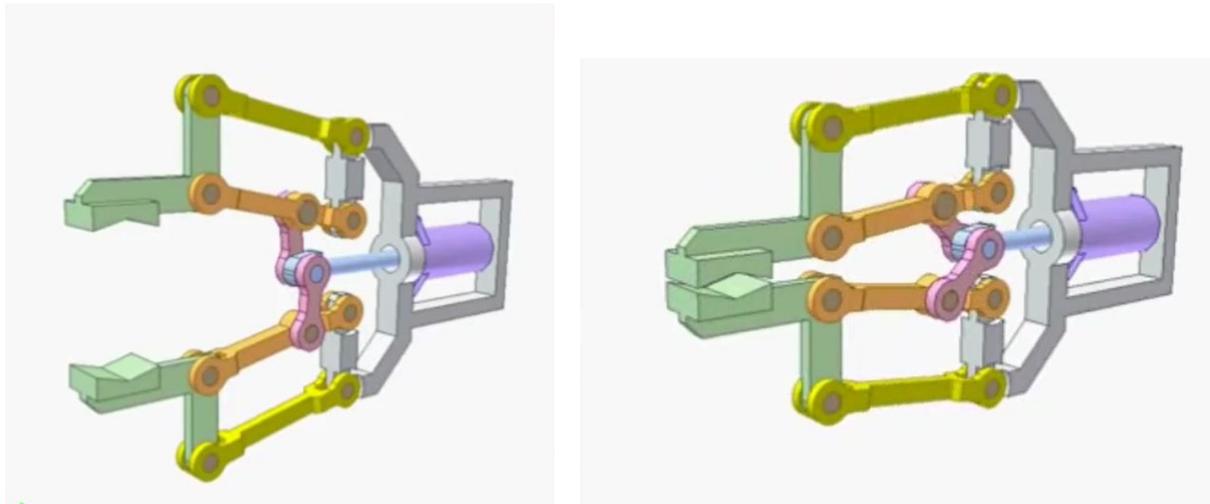


Figura 4.2 Ejemplo de mecanismo capaz de modificar la distancia entre dos superficies planas

Utilizando software especial de diseño se llega a la siguiente propuesta.

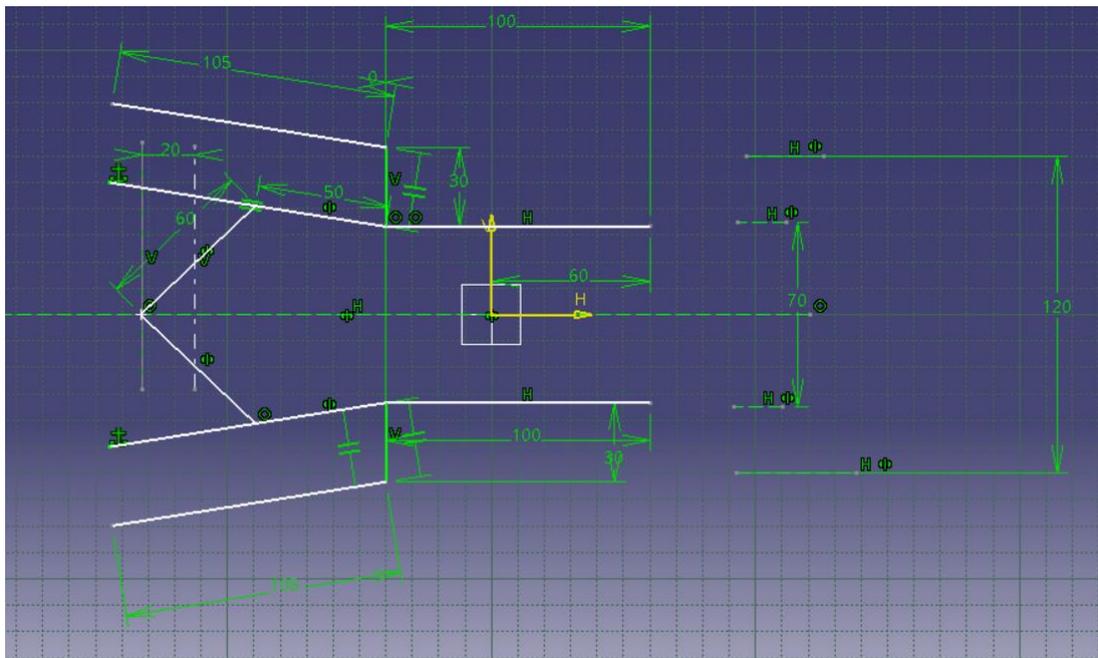


Figura 4.2.1 Diseño de mecanismo plano para el módulo 2 del dispositivo

Una vez verificadas las medidas de los elementos del mecanismo se procede a realizar un dibujo en 3D para poder hacer la visualización de este.

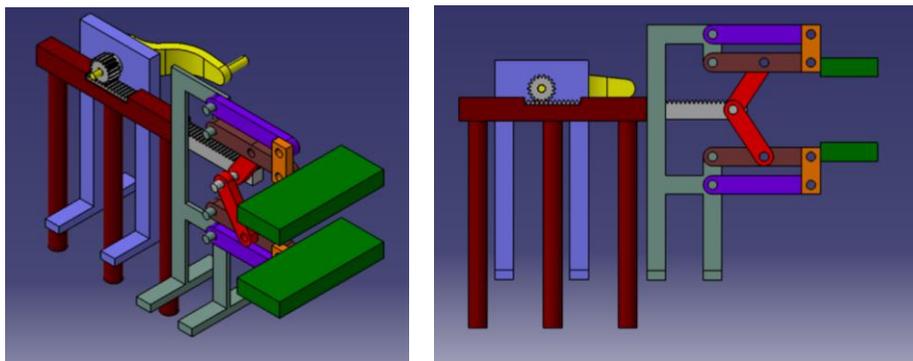


Figura 4.2.2 Dibujo en 3D para el mecanismo del módulo 2 del dispositivo

Realizados los dibujos del mecanismo y verificando que este si cumple con las tareas encomendadas sin inconvenientes se procede a la realización física de este, primeramente, haciéndolo en cartón y posteriormente en mdf con ayuda de corte laser, la ilustración 5 muestra los resultados.

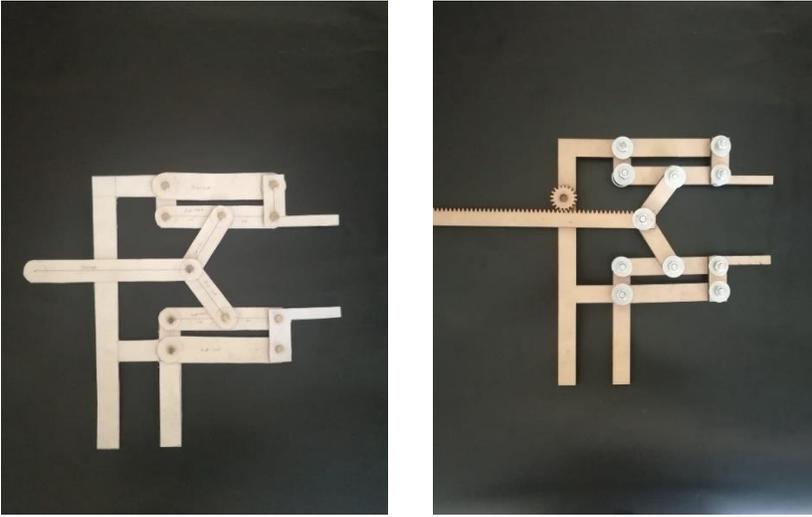


Ilustración 5 Mecanismos realizados en cartón y por medio de corte laser en MDF

4.3 Sistema para moldear material

El sistema para moldear las cintas consiste en dos ruedas dentadas colocadas sobre dos ejes en una base que también sea utilizada para colocar los ventiladores que ayudarán a enfriar el material después de la etapa de moldeo.

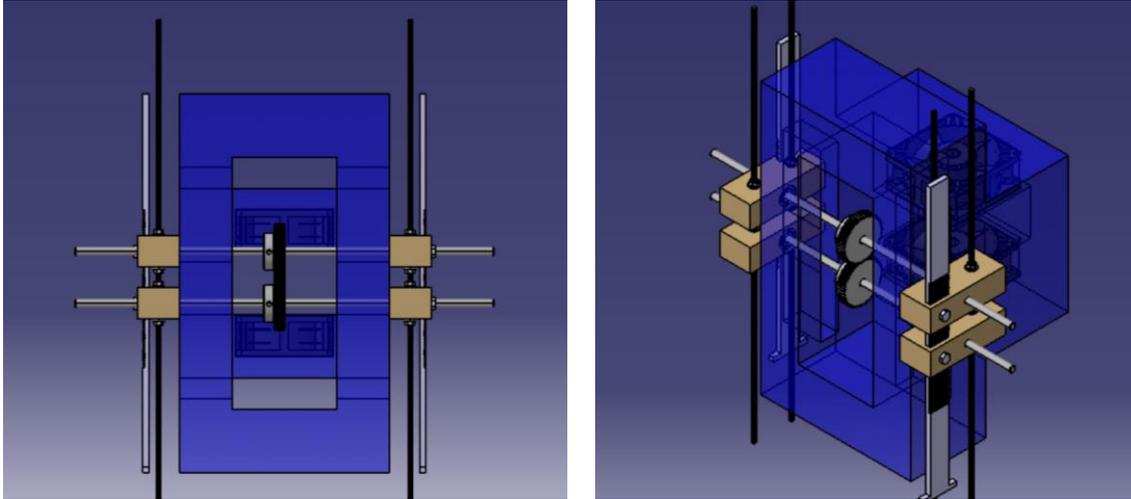


Figura 4.3.1 Base donde se soporta las ruedas dentadas y los ventiladores

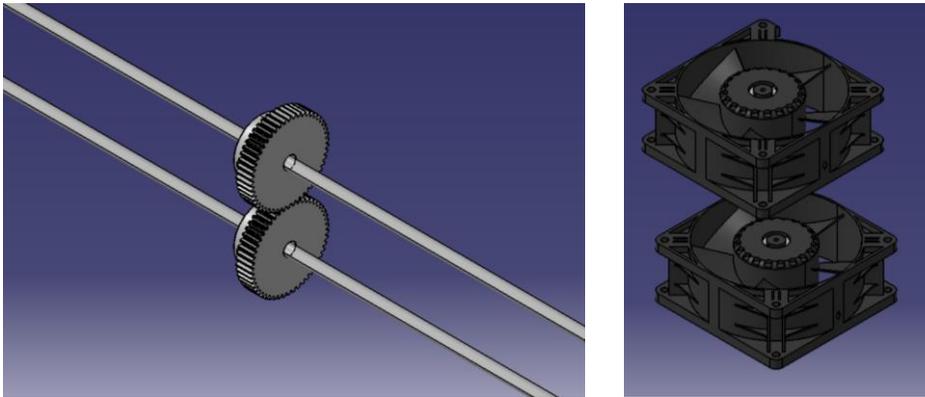


Figura 4.3.2 Sistema de rueda dentada y ventiladores

4.4 Modelo final

Una vez que se tiene cada subsistema del dispositivo se procede con la integración de estos y se llega al siguiente resultado.

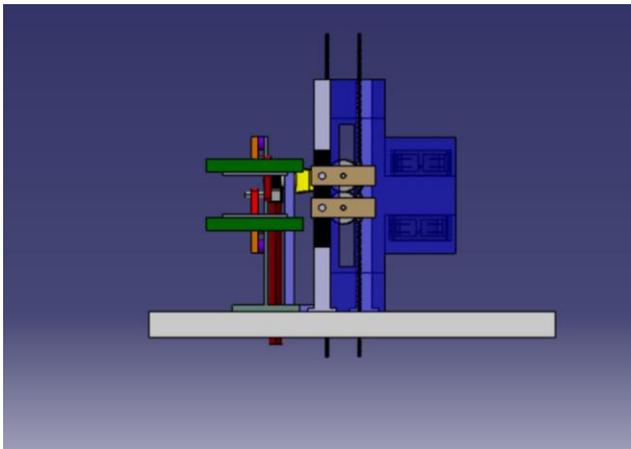
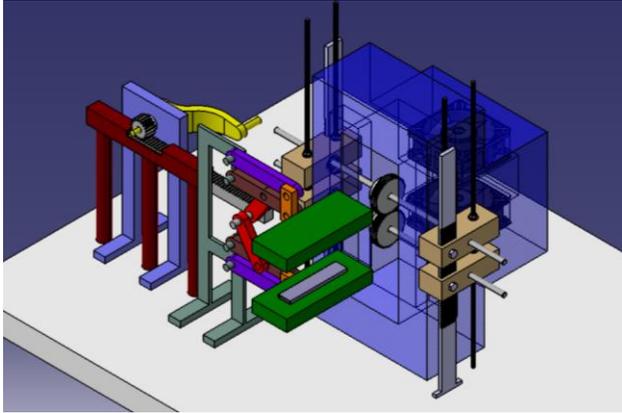


Figura 4.4 Modelo final

Conclusiones

Después de haber realizado el diseño de este dispositivo de se llega a estas conclusiones:

- Las ruedas dentadas cumplen con la tarea de darle forma a las cintas poliméricas.
- El dispositivo es de un tamaño compacto (1 metro x 1 metro)
- El mecanismo realizado es útil para poder regular la temperatura que hay entre las placas térmicas.
- Las dos placas térmicas alcanzan a suministrar una temperatura de 149°C
- El dispositivo puede trabajar con polímeros cuya temperatura de trabajo para el termoformado se encuentre por debajo de los 149° C por ejemplo acrílico extruido, polivinilo de cloruro o ABS.

Trabajo futuro:

- Será necesario agregar más placas térmicas para elevar la temperatura a más de 150°C
- Será necesario proponer otro mecanismo que pueda regular la distancia entre placas.
- Trabajar con materiales termoplásticos cuya temperatura para el termoformado sea mayor a 150°C.

Bibliografía

- [1] D. R. Askeland, Ciencia e ingeniería de materiales, CENGAGE Learning, 2017.
- [2] Canales sectoriales Interempresas, «Interempresas.net,» 11 junio 2015. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/138574-Extrusion.html>.
- [3] Canales Sectoriales Interempresas, «Interempresas media,» 01 enero 1996. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/3765-Termoformado-Procedimiento-maquinaria-y-materiales.html>.
- [4] Tecnologia de plasticos, «Tecnologia de plasticos,» 26 marzo 2012. [En línea]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/inyeccion-soplado.html>.
- [5] Todo en Polimeros, «Termoformado,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://todoenpolimeros.com/2018/03/12/termoformado/>.
- [6] Plastiglas de México, «Manual Tecnico. Termoformado,» 01 Enero 2020. [En línea]. Available: https://www.plastiglas.com.mx/pdfs/literatura/Manual_termoformado.pdf.
- [7] P. Londoño, «HubSpot,» 06 Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://blog.hubspot.es/marketing/diseño-de-producto#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20de%20producto%20se,aparece%20a%20sus%20clientes%20finales..>
- [8] K. T. Ulrich y S. D. Eppinger, Diseño y desarrollo de productos, México: Mc Graw Hill, 2013.
- [9] Asociacion Nacional de Fabricantes de Cajas y Empaques de Carton Corrugado y Fibra Solida, «Produccion de carton corrugado,» 24 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://anfec.org.mx/produccion-de-carton-corrugado/>.
- [10] Embossing World, «Embossing Station,» 2011. [En línea]. Available: <http://embossingworld.it/productsembossingstation.html>.

Anexos

Tabla de valores temperatura vs tiempo para placa de acrílico de 5 milímetros de espesor.

Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)	Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)
1	00:00	26.4	23	03:40	108
2	00:10	30	24	03:50	109.5
3	00:20	41.1	25	04:00	110.4
4	00:30	51.4	26	04:10	111.1
5	00:40	58.6	27	04:20	112.2
6	00:50	63.4	28	04:30	113.4
7	01:00	68.4	29	04:40	114.4
8	01:10	73	30	04:50	115.4
9	01:20	77.1	31	05:00	116
10	01:30	81.2	32	05:10	117.2
11	01:40	84.4	33	05:20	118.1
12	01:50	87.5	34	05:30	118.4
13	02:00	90	35	05:40	119.1
14	02:10	93	36	05:50	120.4
15	02:20	95.4	37	06:00	121.1
16	02:30	97.4	38	06:10	121.2
17	02:40	99.4	39	06:20	121.7
18	02:50	101	40	06:30	122.2
19	03:00	102.6	41	06:40	122.9
20	03:10	104	42	06:50	123.7
21	03:20	105	43	07:00	124.2
22	03:30	107	44	07:10	125

Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)	Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)
45	07:20	125.6	69	11:20	136.4
46	07:30	126.1	70	11:30	137
47	07:40	126.7	71	11:40	137.4
48	07:50	127.3	72	11:50	137.6
49	08:00	127.7	73	12:00	137.9
50	08:10	128.4	74	12:10	138.1
51	08:20	128.9	75	12:20	138.1
52	08:30	129.3	76	12:30	138.4
53	08:40	129.9	77	12:40	138.8
54	08:50	130.4	78	12:50	139.1
55	09:00	130.8	79	13:00	139.2
56	09:10	131.4	80	13:10	139.4
57	09:20	131.7	81	13:20	139.9
58	09:30	132.3	82	13:30	140
59	09:40	132.8	83	13:40	140.5
60	09:50	132.3	84	13:50	140.7
61	10:00	132.6	85	14:00	140.5
62	10:10	133.4	86	14:10	140.8
63	10:20	134.2	87	14:20	141
64	10:30	134.6	88	14:30	141.4
65	10:40	134.9	89	14:40	141.7
66	10:50	135.2	90	14:50	142
67	11:00	135.5	91	15:00	142
68	11:10	135.9	92	15:10	142.2

Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)	Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)
93	15:20	142.2	117	19:20	145.6
94	15:30	142.5	118	19:30	145.6
95	15:40	142.5	119	19:40	145.8
96	15:50	142.8	120	19:50	146.0
97	16:00	142.9	121	20:00	146.1
98	16:10	143	122	20:10	146.1
99	16:20	143.3	123	20:20	146.2
100	16:30	143.3	124	20:30	146.4
101	16:40	143.8	125	20:40	146.4
102	16:50	144	126	20:50	146.4
103	17:00	144.4	127	21:00	146.5
104	17:10	144.5	128	21:10	146.5
105	17:20	144.4	129	21:20	146.5
106	17:30	144.4	130	21:30	146.5
107	17:40	144.4	131	21:40	146.9
108	17:50	144.7	132	21:50	146.9
109	18:00	144.8	133	22:00	147
110	18:10	144.6	134	22:10	147.2
111	18:20	144.8	135	22:20	147.2
112	18:30	145	136	22:30	147.2
113	18:40	145.2	137	22:40	147.3
114	18:50	145.3	138	22:50	147.2
115	19:00	145.4	139	23:00	147.3
116	19:10	145.5	140	23:10	147.4

Tabla de valores temperatura vs tiempo para placa de acrílico de 3 milímetros de espesor:

Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)	Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)
1	00:00	24	24	03:50	125
2	00:10	36	25	04:00	125
3	00:20	56	26	04:10	126
4	00:30	69	27	04:20	127
5	00:40	79	28	04:30	127
6	00:50	86	29	04:40	128
7	01:00	92	30	04:50	129
8	01:10	97	31	05:00	129
9	01:20	101	32	05:10	130
10	01:30	104	33	05:20	130
11	01:40	107	34	05:30	131
12	01:50	109	35	05:40	131
13	02:00	111	36	05:50	132
14	02:10	113	37	06:00	132
15	02:20	115	38	06:10	133
16	02:30	116	39	06:20	133
17	02:40	117	40	06:30	133
18	02:50	119	41	06:40	134
19	03:00	120	42	06:50	134
20	03:10	121	43	07:00	134
21	03:20	122	44	07:10	135
22	03:30	123	45	07:20	135
23	03:40	124	46	07:30	136

Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)	Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)
47	07:40	136	71	11:40	141
48	07:50	136	72	11:50	141
49	08:00	137	73	12:00	141
50	08:10	137	74	12:10	141
51	08:20	137	75	12:20	141
52	08:30	137	76	12:30	141
53	08:40	138	77	12:40	141
54	08:50	138	78	12:50	142
55	09:00	138	79	13:00	142
56	09:10	139	80	13:10	142
57	09:20	138	81	13:20	142
58	09:30	139	82	13:30	142
59	09:40	139	83	13:40	142
60	09:50	139	84	13:50	142
61	10:00	139	85	14:00	142
62	10:10	139	86	14:10	142
63	10:20	139	87	14:20	142
64	10:30	139	88	14:30	142
65	10:40	140	89	14:40	142
66	10:50	140	90	14:50	143
67	11:00	140	91	15:00	143
68	11:10	140	92	15:10	142
69	11:20	140	93	15:20	143
70	11:30	141	94	15:30	143

Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)	Registro	Tiempo (minutos)	Temperatura(°C)
95	15:40	143	110	18:10	143
96	15:50	143	111	18:20	143
97	16:00	143	112	18:30	143
98	16:10	143	113	18:40	143
99	16:20	143	114	18:50	143
100	16:30	143	115	19:00	143
101	16:40	143	116	19:10	143
102	16:50	143	117	19:20	143
103	17:00	143	118	19:30	143
104	17:10	143	119	19:40	143
105	17:20	143	120	19:50	143
106	17:30	143	121	20:00	143
107	17:40	143			
108	17:50	143			
109	18:00	143			

A continuación, se muestra la lista de productos comerciales utilizados en el modelo del dispositivo, los modelos CAD de estos componentes fueron obtenidos de la página McMaster-CARR con dirección electrónica en <https://www.mcmaster.com/>



Nombre: Ventilador

Numero de pieza en los planos: 2

Cantidad: 2

ID McMaster:1939K93

URL: <https://www.mcmaster.com/catalog/128/717/>



Nombre: Eje

Numero de pieza en los planos: 3

Cantidad: 2

ID McMaster: 1265k66

URL: <https://www.mcmaster.com/catalog/128/1263>



Nombre: Rodamiento

Numero de pieza en los planos: 4

Cantidad: 4

ID McMaster:5972K91

URL: <https://www.mcmaster.com/catalog/128/1308>



Nombre: Engrane Moldear

Numero de pieza en los planos: 6

Cantidad: 2

ID McMaster: 2664N368

URL: <https://www.mcmaster.com/catalog/128/1254>



Nombre: Esparrago

Numero de pieza en los planos: 13

Cantidad: 4

ID McMaster: 93325A414

URL: <https://www.mcmaster.com/catalog/128/3479>



Nombre: Tuerca

Numero de pieza en los planos: 14

Cantidad: 16

ID McMaster: 90592A095

URL: <https://www.mcmaster.com/catalog/128/3500>



Nombre: Rondana

Numero de pieza en los planos: 15

Cantidad: 16

ID McMaster: 96505A114

URL: <https://www.mcmaster.com/catalog/128/3545>



Nombre: Engrane Piñón

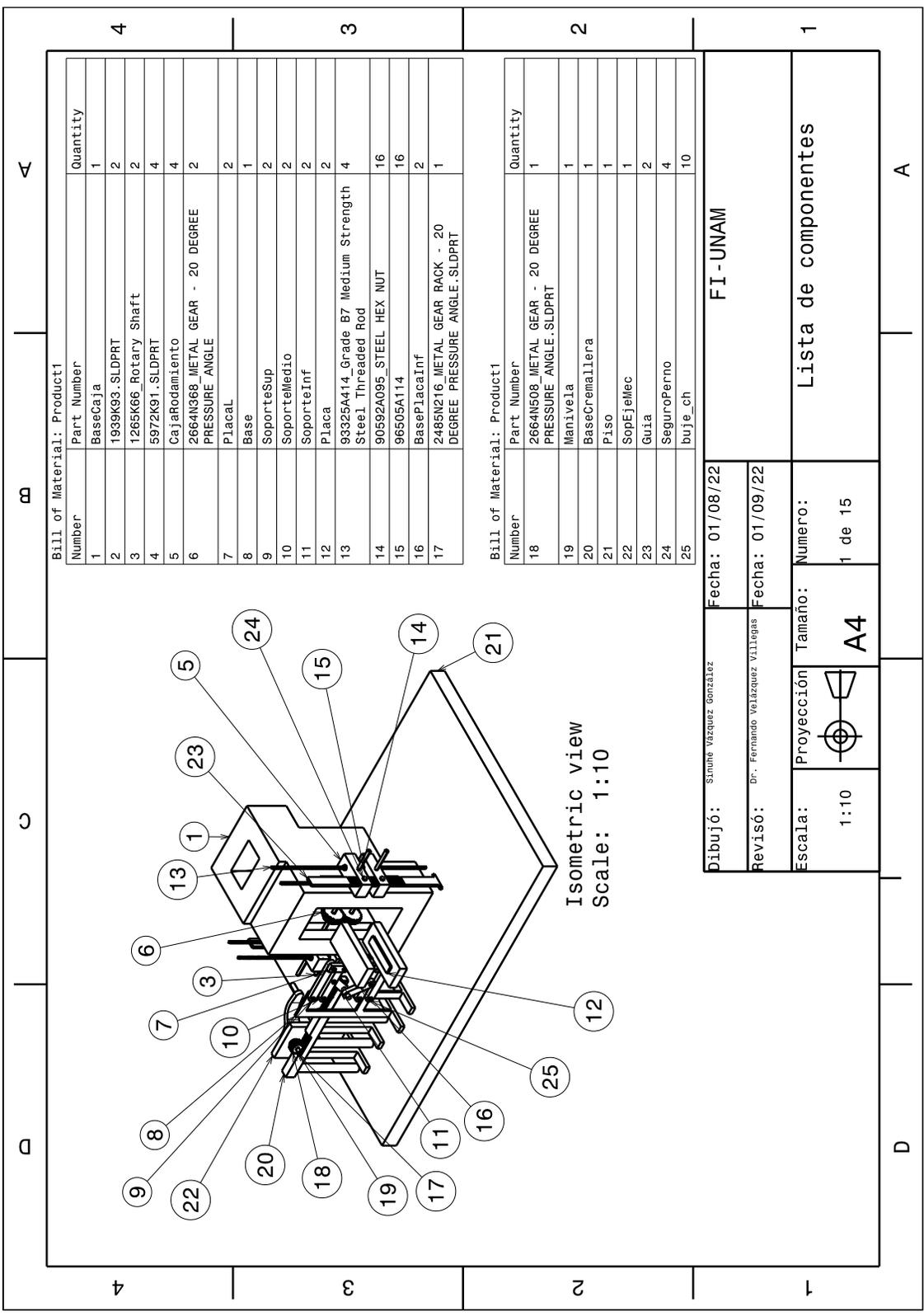
Numero de pieza en los planos: 18

Cantidad: 1

ID McMaster: 2664N508

URL: <https://www.mcmaster.com/catalog/128/1254>

A continuación, se muestran los planos de las piezas diseñadas



Isometric view
Scale: 1:10

Bill of Material: Product1

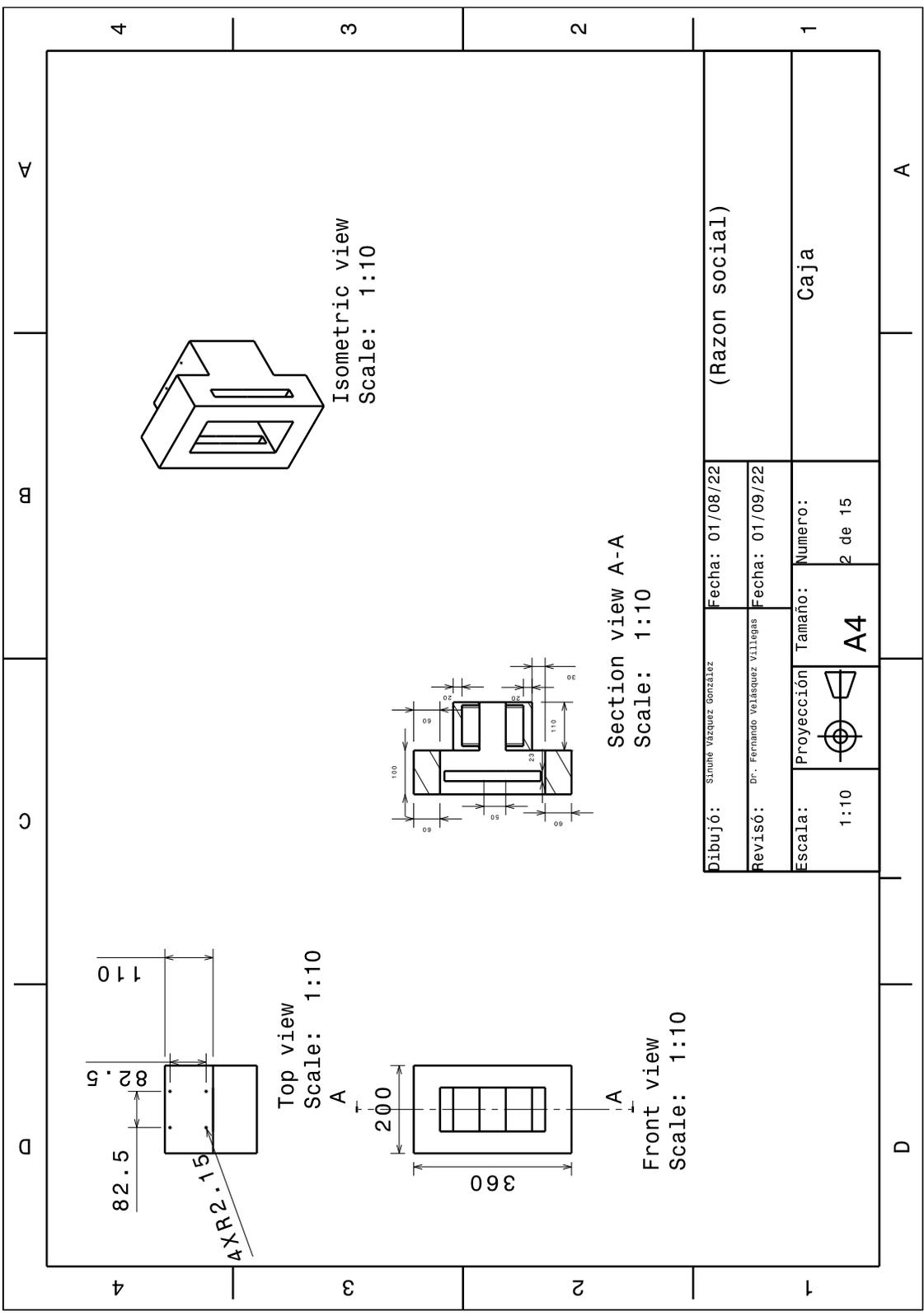
Number	Part Number	Quantity
1	BaseCaja	1
2	1939K93.SLDPRT	2
3	1265K66_Rotary Shaft	2
4	5972K91.SLDPRT	4
5	CajaRodamiento	4
6	2664N368.METAL GEAR - 20 DEGREE PRESSURE ANGLE	2
7	PlacaL	2
8	Base	1
9	SoporteSup	2
10	SoporteMedio	2
11	SoporteInf	2
12	Placa	2
13	9325A414_Grade B7 Medium Strength Steel Threaded Rod	4
14	90592A095.STEEL HEX NUT	16
15	96505A114	16
16	BasePlacaInf	2
17	2485M216.METAL GEAR RACK - 20 DEGREE PRESSURE ANGLE.SLDPRT	1

Bill of Material: Product1

Number	Part Number	Quantity
18	2664N508.METAL GEAR - 20 DEGREE PRESSURE ANGLE.SLDPRT	1
19	Manivela	1
20	BaseCremallera	1
21	Piso	1
22	SopEjeMec	1
23	Guia	2
24	SeguroPerno	4
25	buj_e_ch	10

Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22	
Escala: 1:10	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 1 de 15
Lista de componentes			A

FI-UNAM



Dibujó: Simuha Vázquez González		Fecha: 01/08/22	
Revisó: Dr. Fernando Velásquez Villegas		Fecha: 01/09/22	
Escala: 1:10	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 2 de 15
			Caja

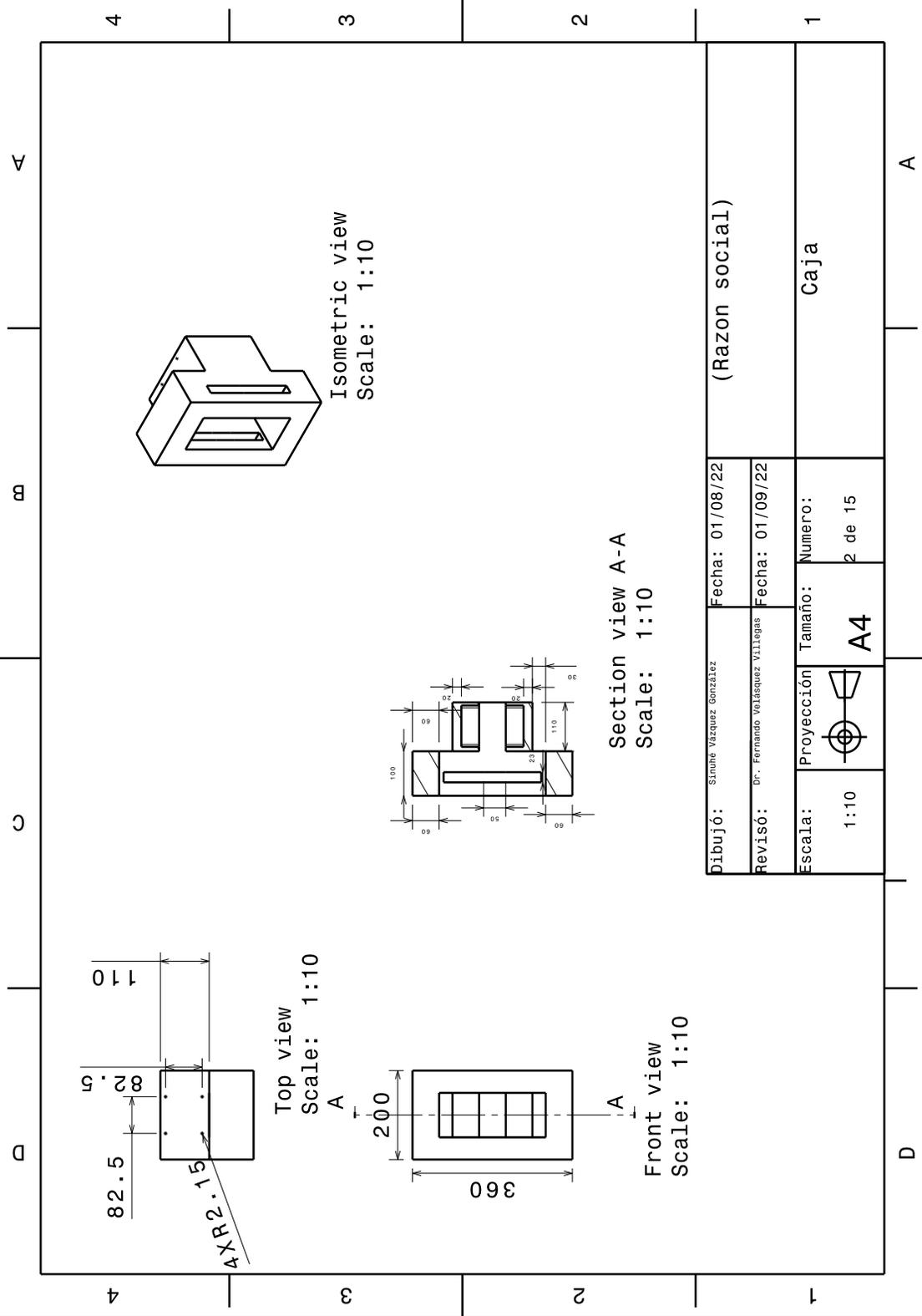
(Razon social)

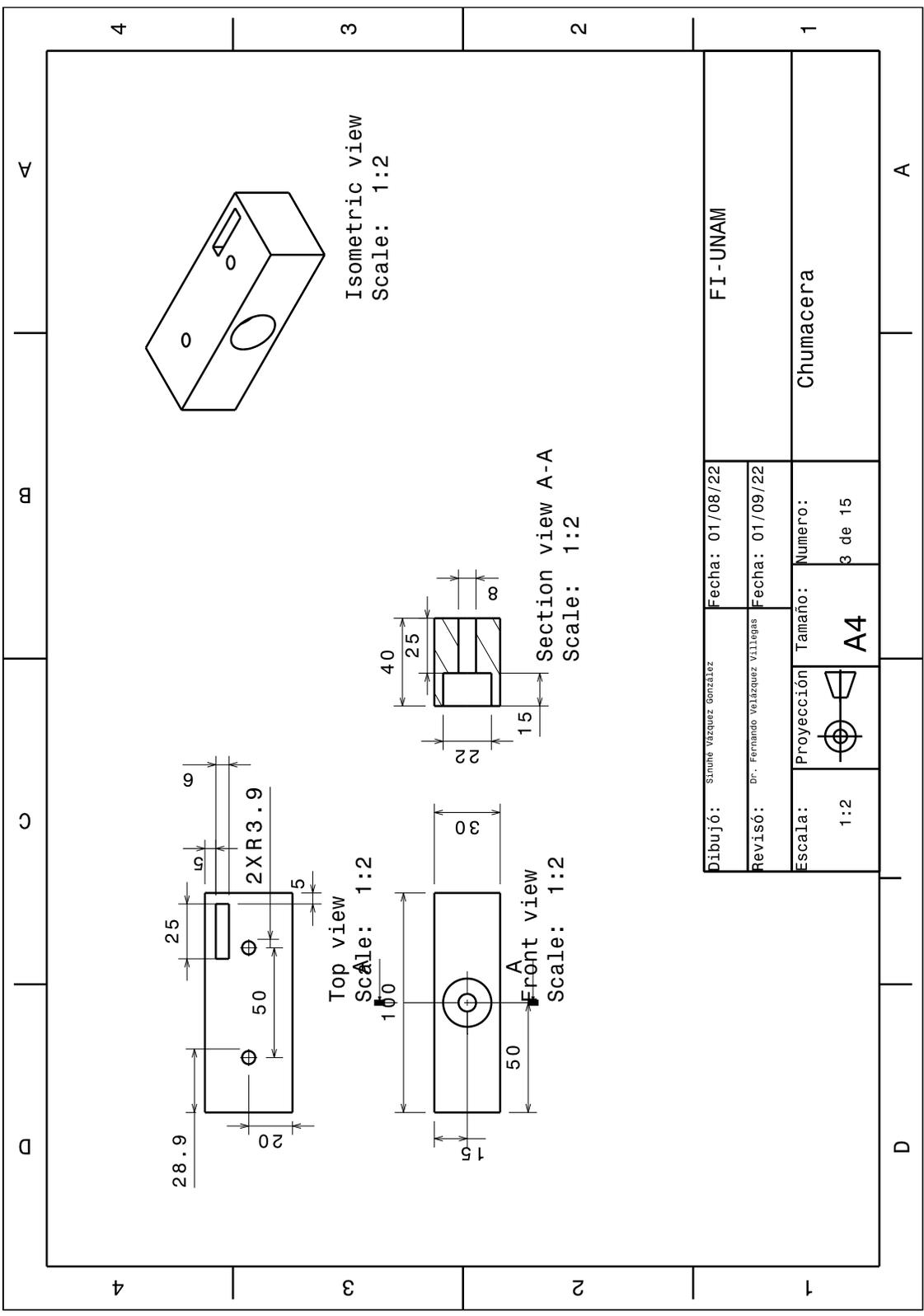
Section view A-A
Scale: 1:10

Front view
Scale: 1:10

Top view
Scale: 1:10

Isometric view
Scale: 1:10





Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22		FI-UNAM	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22		Chumacera	
Escala:	Proyección	Tamaño:	Numero:	3 de 15	
1:2		A4			

A

B

C

D

4

3

2

1

4

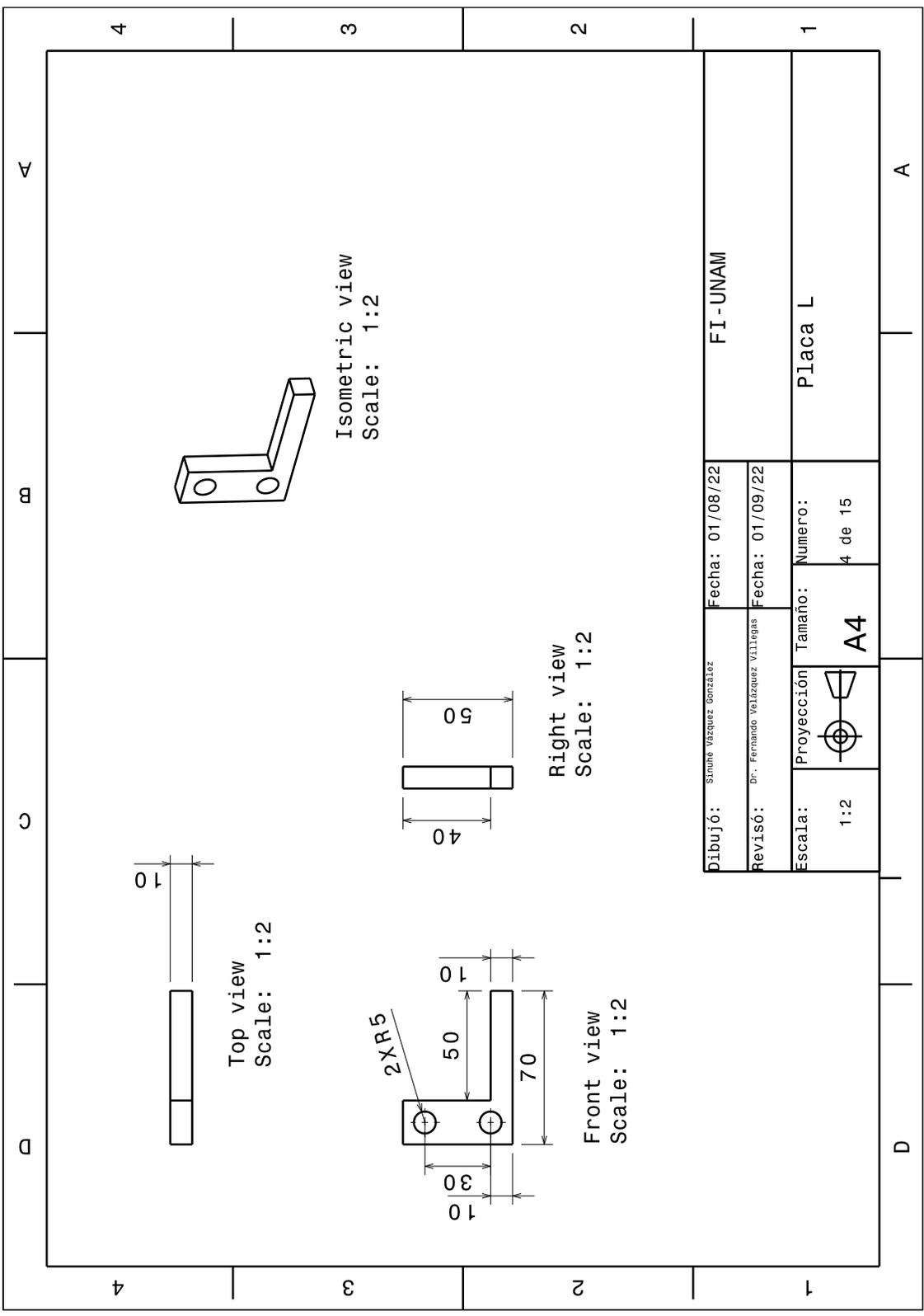
3

2

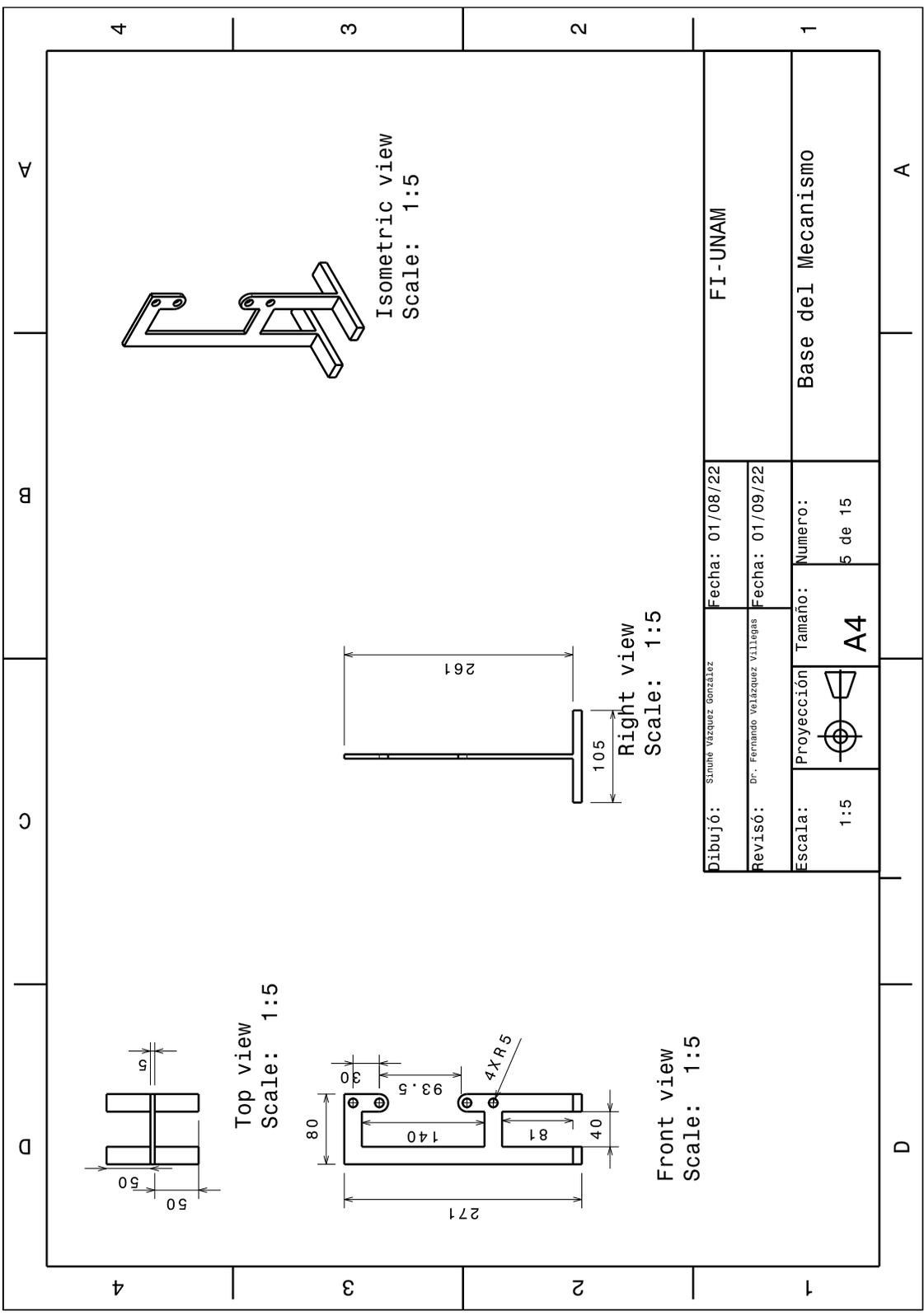
1

A

D



Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22		FI - UNAM	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22		Placa L	
Escales:	Proyección:	Tamaño:	Numero:		
1:2		A4	4 de 15		



Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22		FI-UNAM	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22		Base del Mecanismo	
Escales:	Proyección:	Tamaño:	Numero:		
1:5		A4	5 de 15		

A

B

C

D

4

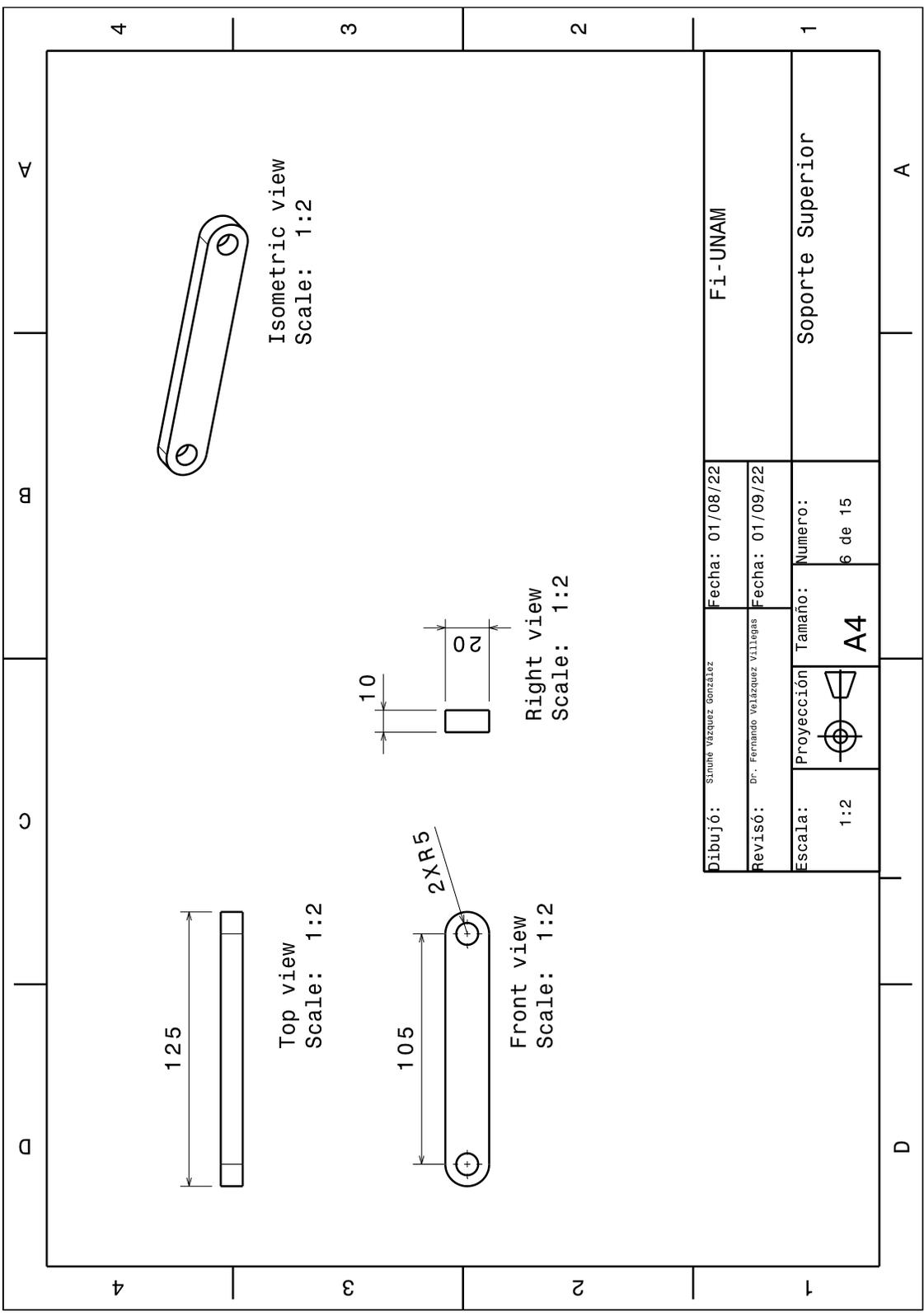
3

2

1

A

D

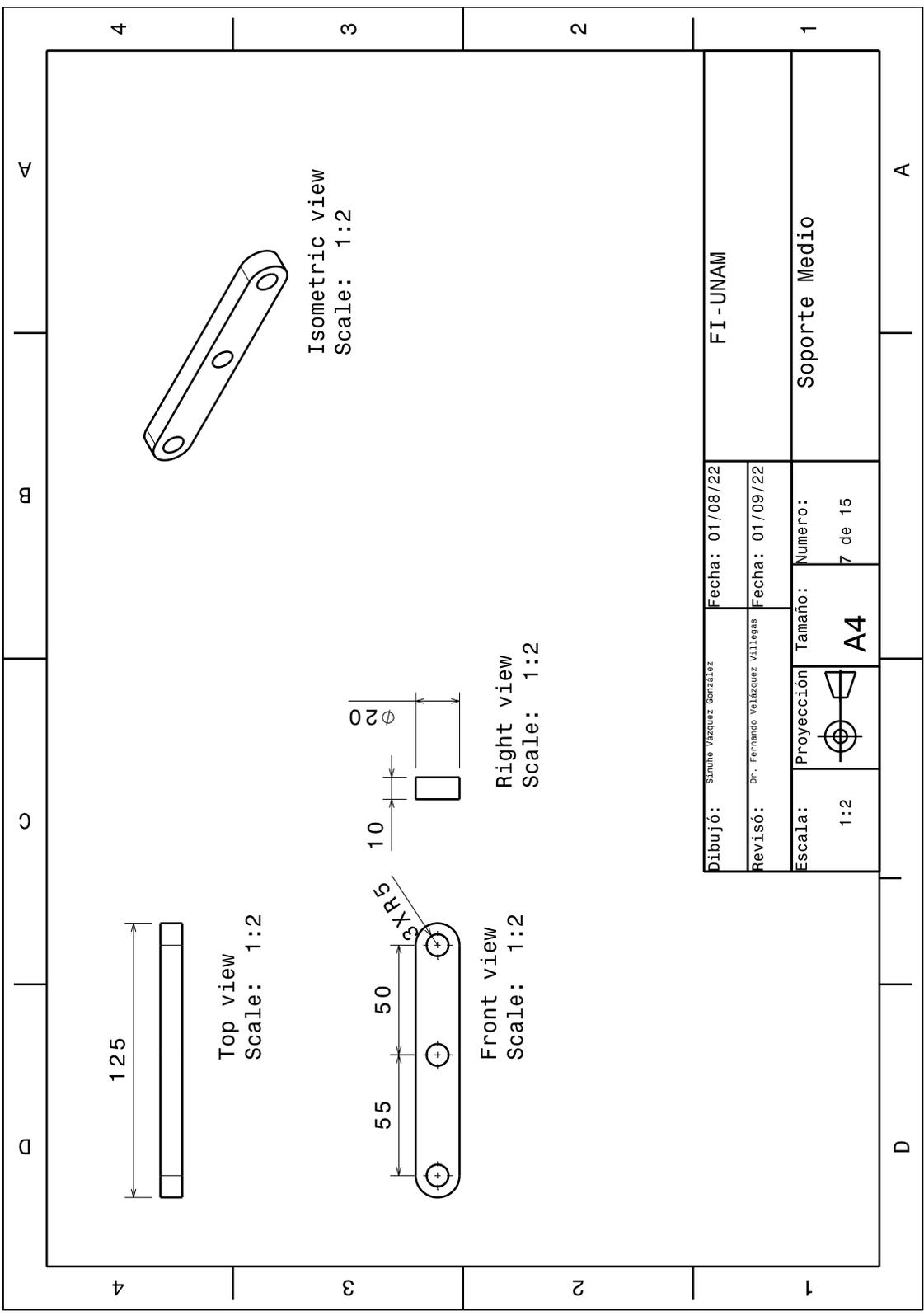


Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22	
Escala: 1:2	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 6 de 15
		Soporte Superior	

FI-UNAM

A

D



Top view
Scale: 1:2

Top view
Scale: 1:2

Front view
Scale: 1:2

Front view
Scale: 1:2

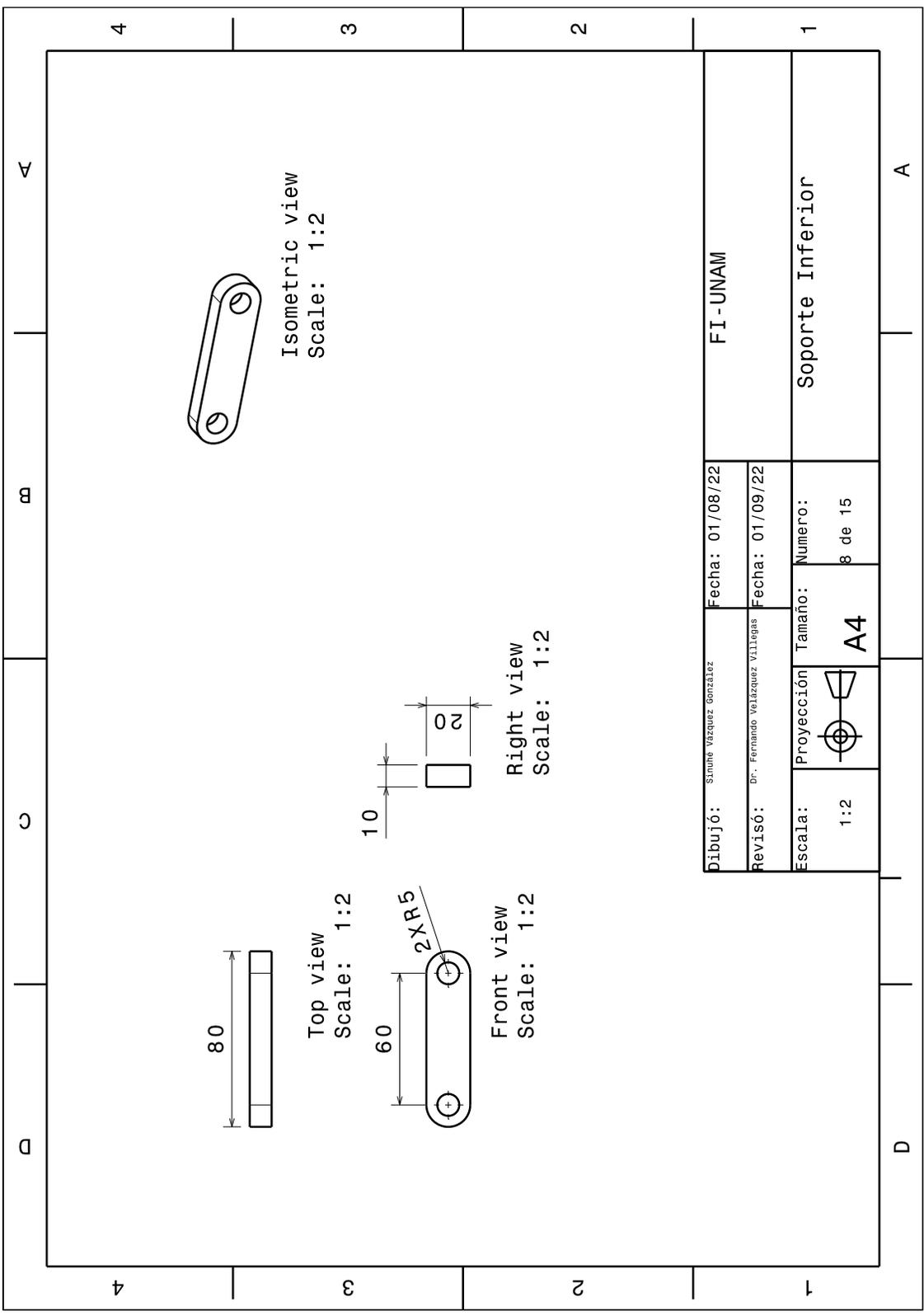
Isometric view
Scale: 1:2

Right view
Scale: 1:2

Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22		FI - UNAM	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22		Soporte Medio	
Escala: 1:2	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 7 de 15		

A

D



Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22	
Escala: 1:2	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 8 de 15

FI - UNAM

Soporte Inferior

A

D

A

B

C

D

4

3

2

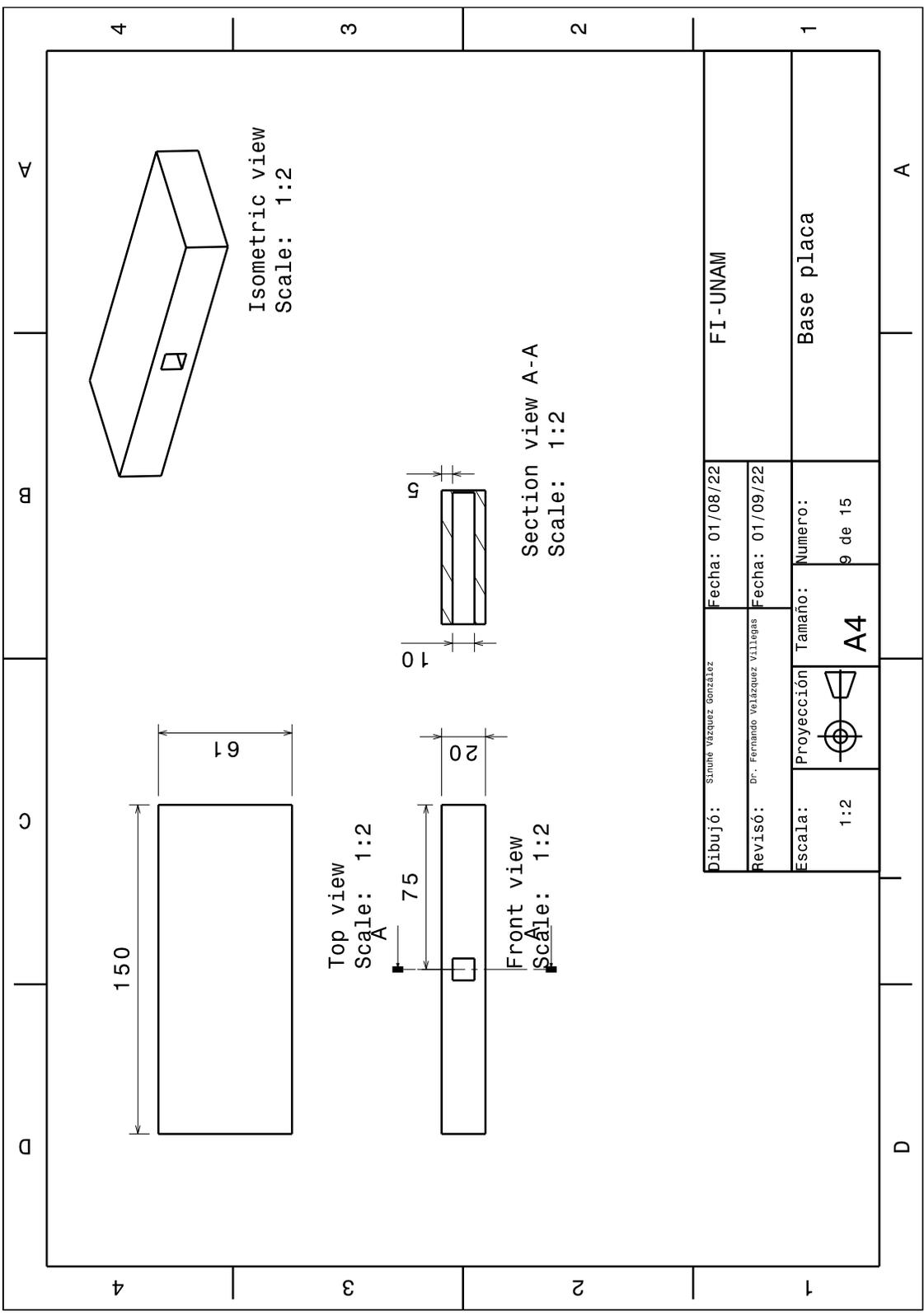
1

4

3

2

1



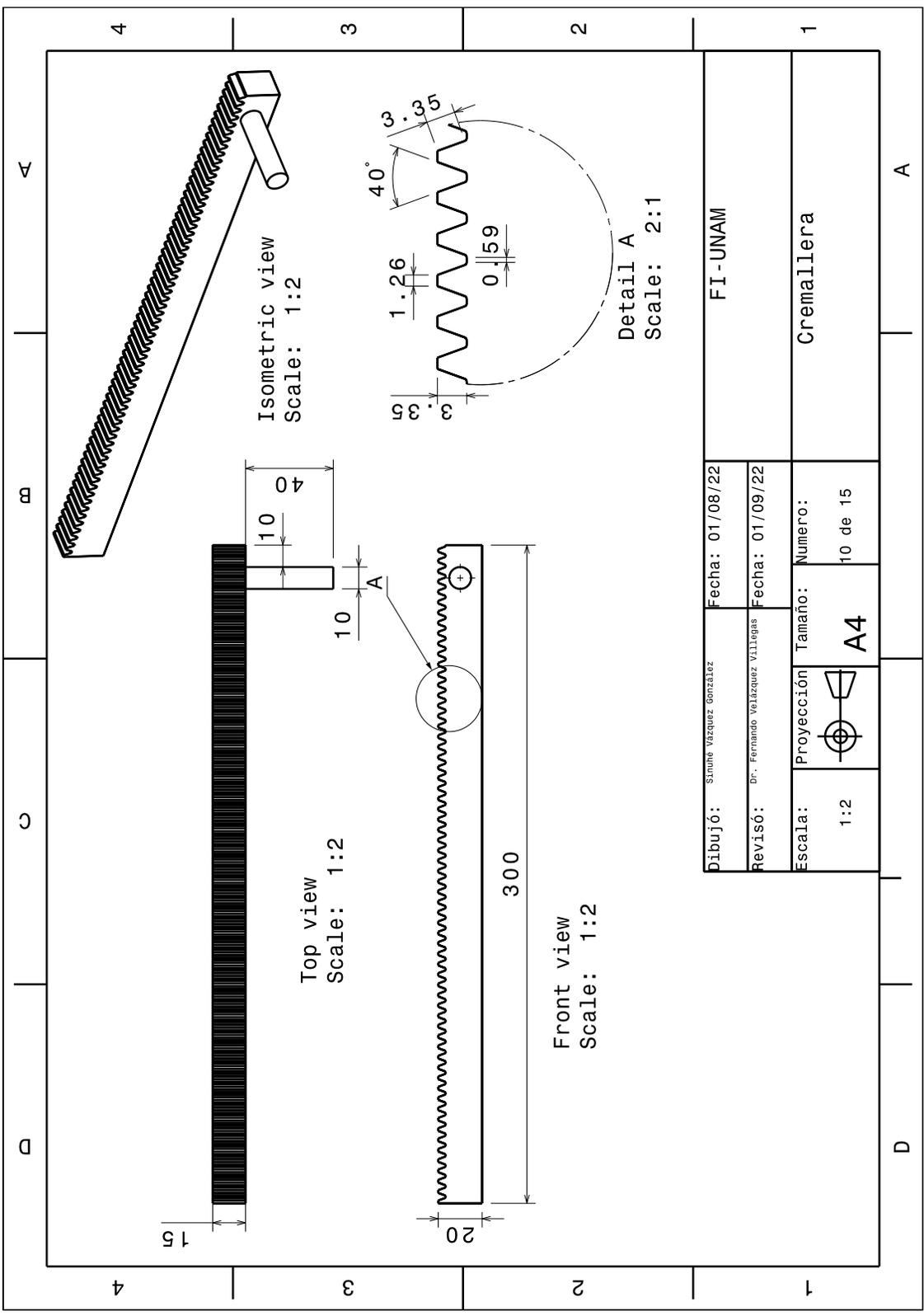
Dibujó: Simuha Vázquez González		Fecha: 01/08/22		FI - UNAM	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22		Base placa	
Escala: 1:2	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 9 de 15		

Top view
Scale: 1:2

Front view
Scale: 1:2

Section view A-A
Scale: 1:2

Isometric view
Scale: 1:2



Isometric view
Scale: 1:2

Top view
Scale: 1:2

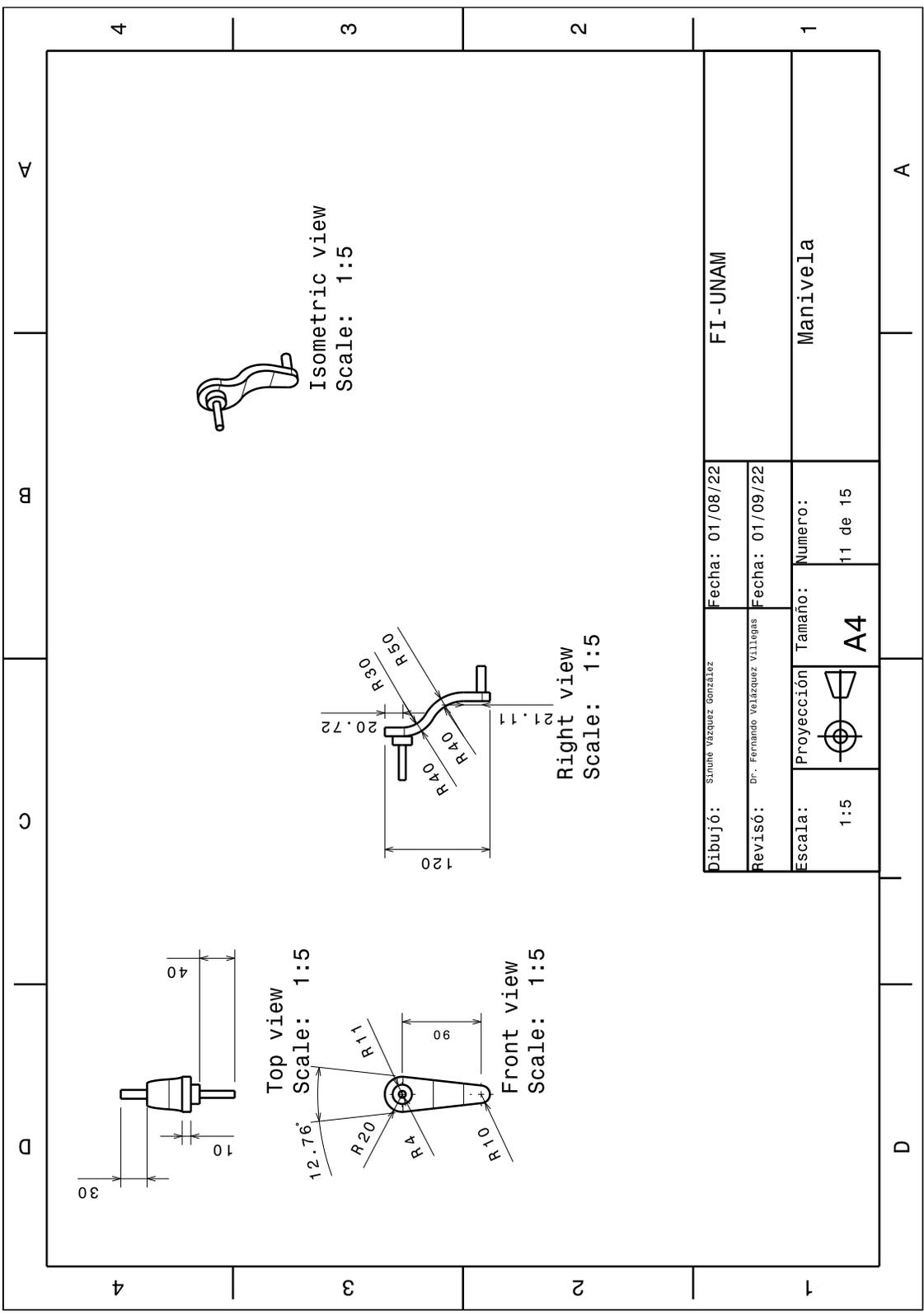
Front view
Scale: 1:2

Detail A
Scale: 2:1

Dibujó: Simuha vazquez Gonzalez		Fecha: 01/08/22		FI-UNAM	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22		Cremallera	
Escala: 1:2	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 10 de 15		

A

D



Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22	
Escala: 1:5	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 11 de 15
		Manivela	
		FI - UNAM	

A

B

C

D

4

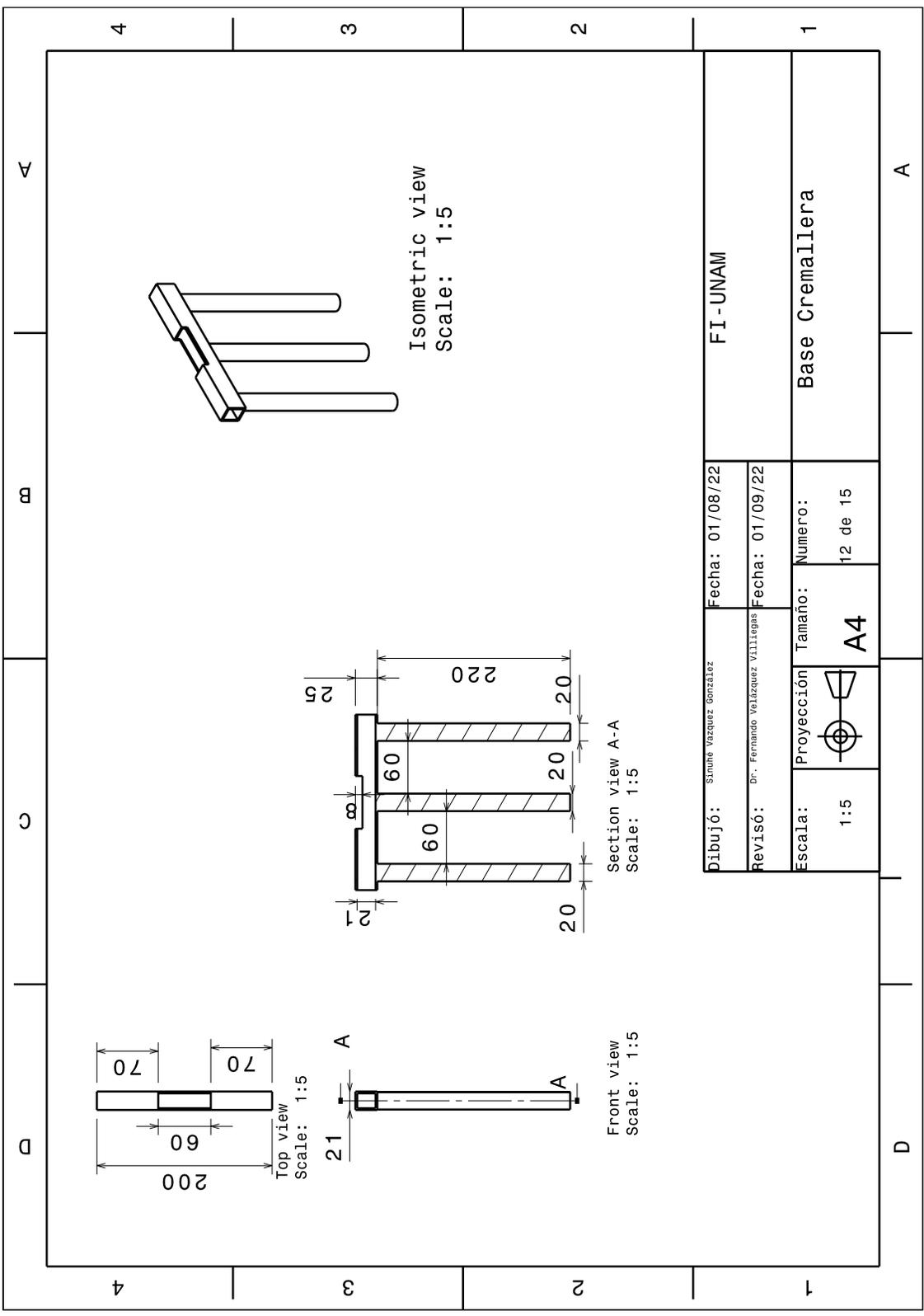
3

2

1

A

D



Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villiegas		Fecha: 01/09/22	
Escala: 1:5	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 12 de 15
		FI - UNAM	
		Base Cremallera	

A

B

C

D

4

3

2

1

A

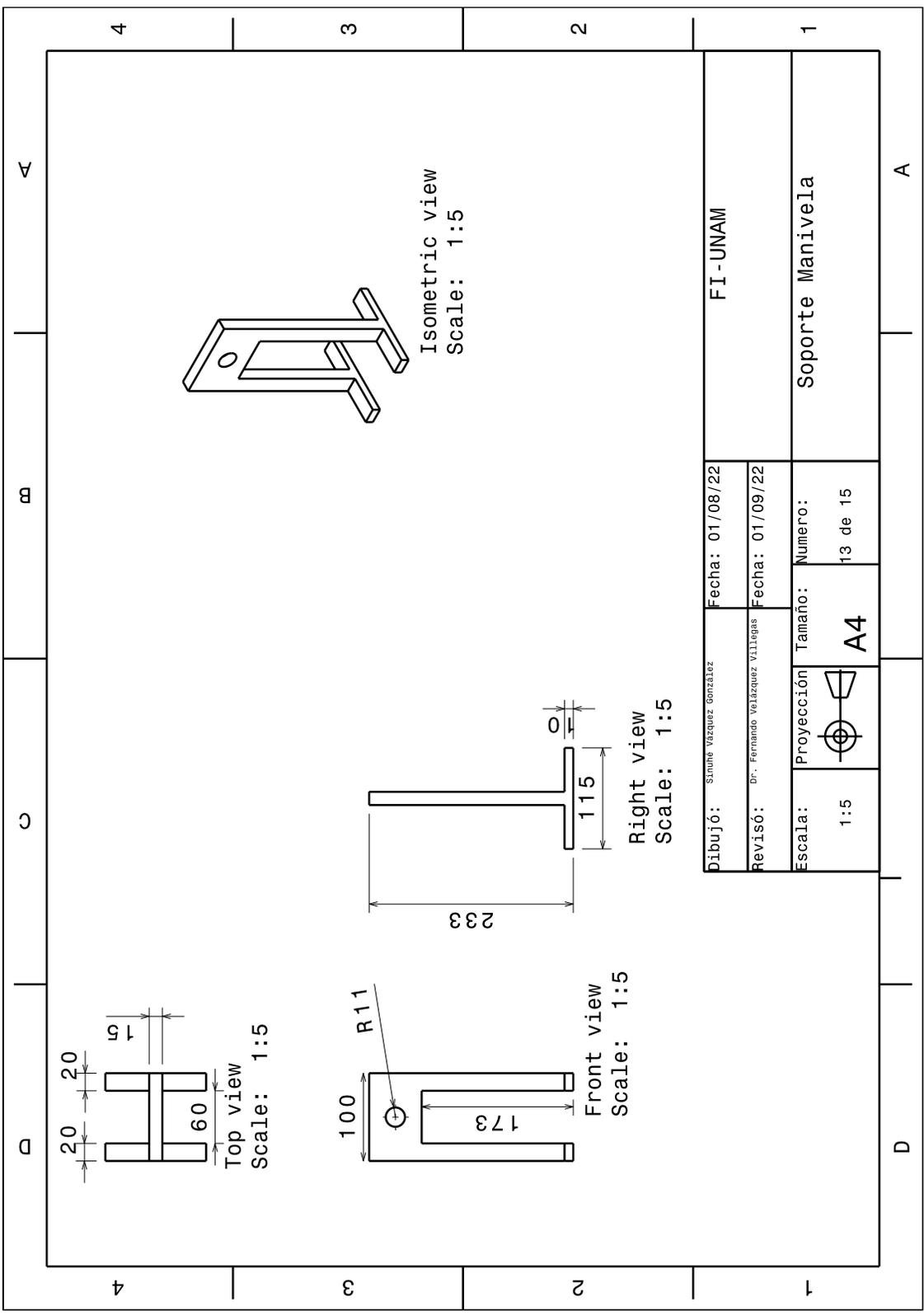
D

Isometric view
Scale: 1:5

Section view A-A
Scale: 1:5

Front view
Scale: 1:5

Top view
Scale: 1:5



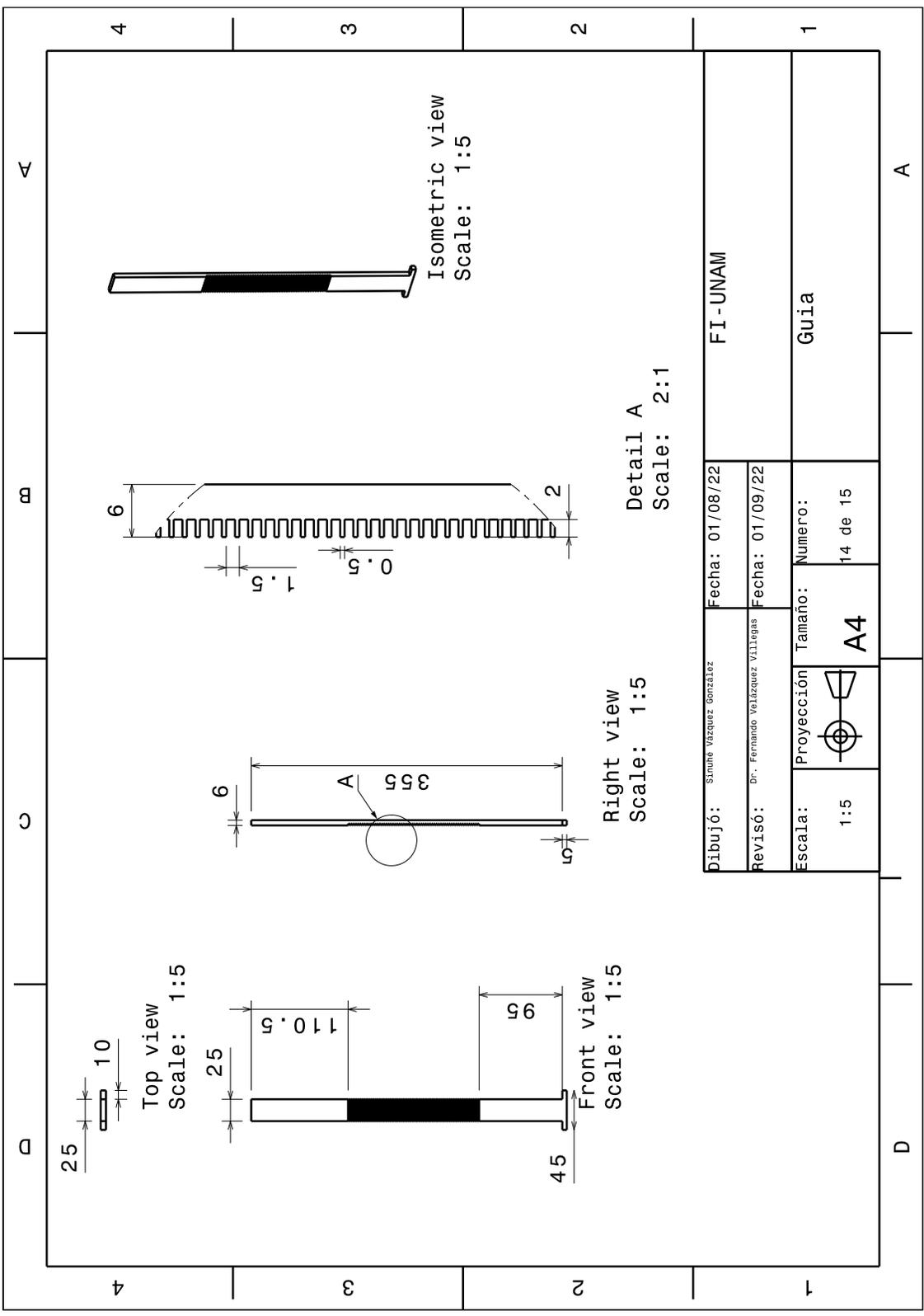
Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22	
Escala: 1:5	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 13 de 15

FI-UNAM

Soporte Manivela

A

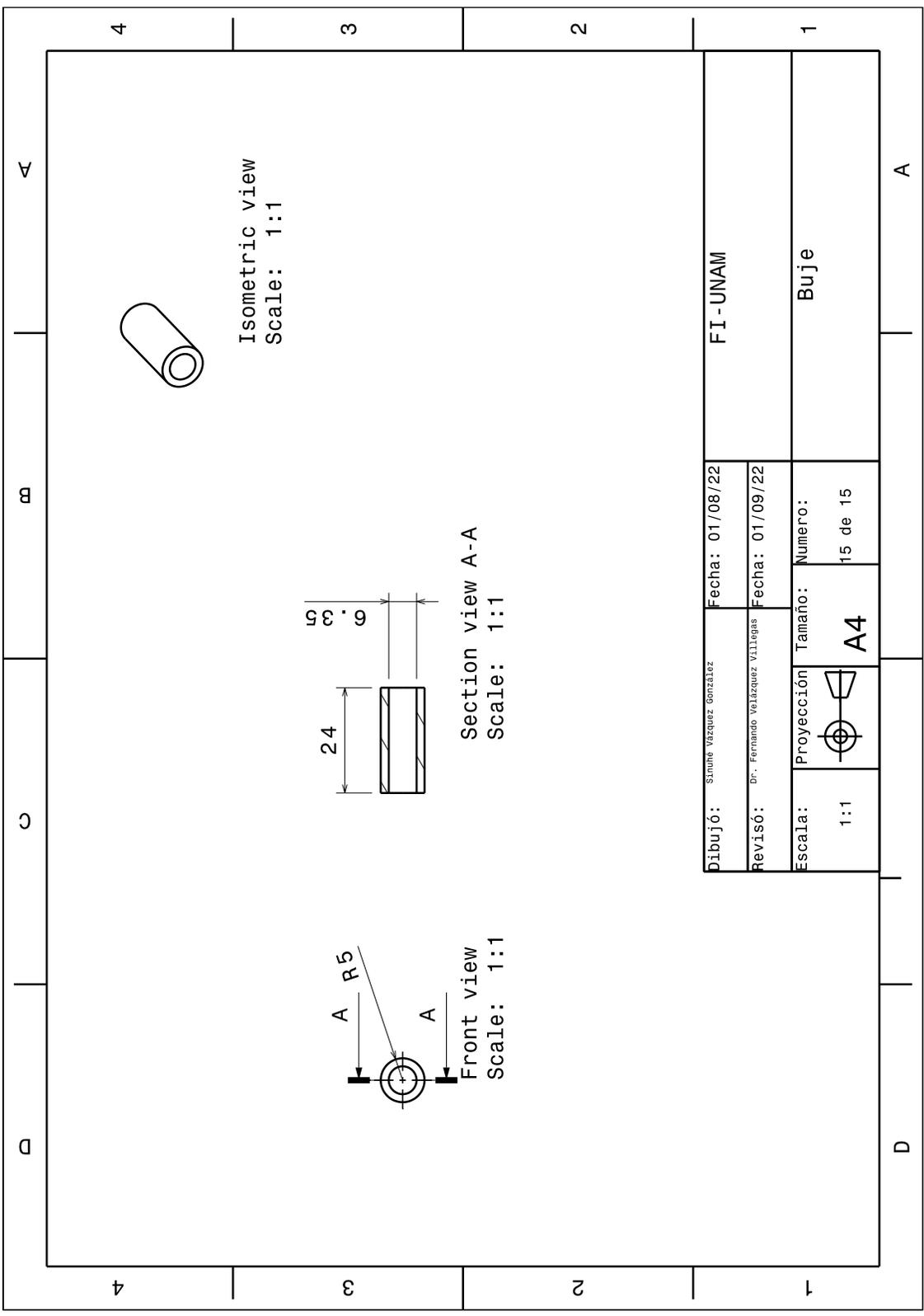
D



Dibujó: Simuha vazquez Gonzalez		Fecha: 01/08/22		FI - UNAM	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22			
Escala: 1:5	Proyección	Tamaño: A4	Numero: 14 de 15	Guia	

A

D



Isometric view
Scale: 1:1

Section view A-A
Scale: 1:1

Front view
Scale: 1:1

Dibujó: Simón Vázquez González		Fecha: 01/08/22	
Revisó: Dr. Fernando Velázquez Villegas		Fecha: 01/09/22	
Escala: 1:1	Proyección:	Tamaño: A4	Numero: 15 de 15

FI - UNAM

Buje

A

D