

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

# **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA EL EMPACADO DE BOCADILLO EN HOJA DE BIJAO**

Felipe RUIZ SUAREZ  
Johan Sebastian SANABRIA SIMBAQUEVA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
Ingeniero MECATRÓNICO

Asesor  
Jorge Andrés SIERRA DEL RÍO

Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM  
Facultad de Ingenierías  
Departamento Antioquia  
Medellín, Colombia  
2022

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## RESUMEN

---

En este trabajo se pretendía realizar el diseño y la fabricación de un dispositivo que permitiera automatizar el proceso de empaqueo de bocadillo en hoja de bijao; Actualmente la industria del bocadillo cuenta con un proceso semiautomatizado, ya que no hay maquinaria que empaque el bocadillo en hoja de bijao, por lo que este proyecto tenía como enfoque principal darle solución a este proceso.

Para esto se utilizó ingeniería conceptual, elaborado con benchmarking, criterios de diseño, análisis de mercado, con esto se determinaron los requerimientos de diseño y se plantearon soluciones, guiándonos de maquinarias internacionales o de otros campos pero que satisfagan el principal requisito que es realizar dobleces en un rectángulo, después de plantear soluciones, se determinó cuál es la más viable por medio de diseños y simulaciones en autodesk inventor y fusión, dando así la oportunidad de desarrollar un modelo físico utilizando materiales de bajo costo y fáciles de manipular. Con este modelo se evidenció las trayectorias planteadas y sus percances, generando así los resultados planteados durante la realización del trabajo. Es decir que el diseño y las exigencias planteadas se cumplen, pero teniendo en cuenta que con múltiples mejoras para que en un futuro se pueda obtener una alta eficiencia en su empaquetado. Todo esto desarrollado y pensado con materiales de uso comercial, con múltiples soluciones industriales, de fácil acceso, fácil mantenimiento y rápida elaboración e instalación.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## RECONOCIMIENTOS

---

Los autores de este trabajo queremos en primer lugar agradecerle a Dios por sus infinitas bendiciones y amor que nos brinda día tras día, en segundo lugar, agradecer la inmensa paciencia del asesor Jorge Andrés del Sierra del Rio, que durante el proyecto siempre se encontraba dispuesto y muy atento a nuestras inquietudes, la dedicación y el tiempo dedicado para que esto fuera realidad.

A nuestras familias y a nuestros amigos que siempre que sentíamos desfallecer nos brindaban sus palabras y acompañamiento esenciales en estos escritos, al ITM y toda su comunidad que nos brindaron los espacios y los conocimientos necesarios para realizar este trabajo.

Y no menos importante agradecemos a nosotros por nunca desistir por siempre luchar a pesar de las dificultades que nos presenta la vida, por siempre seguir la búsqueda de nuestro título profesional, de lo que amábamos y de nunca perder nuestra esencia.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## TABLA DE CONTENIDO

---

1.	INTRODUCCIÓN .....	5
1.1	Generalidades.....	5
1.1.1	Justificación.....	5
1.2	OBJETIVOS. ....	7
1.2.1	General.....	7
1.1.2	Específicos. ....	7
1.1.3	organización de la tesis .....	8
2	MARCO TEÓRICO.....	9
3	METODOLOGÍA.....	11
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4.1	Investigación preliminar.....	12
4.2	Diseño.....	15
4.3	Pruebas experimentales.....	21
5	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	27
5.1	Conclusiones.....	27
5.2	Recomendaciones. ....	28
5.3	Trabajos futuros. ....	29
	REFERENCIAS .....	30
	ANEXOS.....	32
	Apéndice.....	32
1.1	Conjunto de planos para solución B.....	32

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 Generalidades.

### 1.1.1 Justificación.

La industria del bocadillo gracias a su sello de denominación de origen protegida del bocadillo veleño obtenido en el año 2017 ha permitido una mayor organización de este sector y generando así, la búsqueda de certificados en calidad que les brinde mayor seguridad a sus empleados y a sus consumidores, dando como visión a Fedeveleños la búsqueda de empresas competitivas frente al mercado nacional e internacional, exigiendo una mayor producción de forma responsable y eficiente.

Debido a toda la historia tradicional que representa la elaboración del bocadillo en Colombia, este se sigue elaborando en un gran porcentaje de forma artesanal, donde las fases anteriormente mencionadas, permiten dar como conclusión la gran importancia y con mayor dificultad, el empaçado con hoja de bijao, porque es la fase donde se toma la finalización de bocadillo uno a uno y se dispone a ser envuelto en la hoja de bijao, que es la presentación y el empaque final de cada uno de los bocadillos, dando a este producto su valor agregado en la industria. Dicho proceso de envoltura se realiza de manera rápida con movimientos repetitivos generando un factor de riesgo para los trabajadores.

Remón (2011) nos brinda como definición de movimientos repetitivos:

*” grupo de movimientos continuos mantenidos durante un trabajo que implica la acción conjunta de los músculos, los huesos, las articulaciones y los nervios de una*

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL  TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

*parte del cuerpo y provoca en esta misma zona fatiga muscular, sobrecarga, dolor y, por último, lesión.”*

Esto deriva en múltiples riesgos laborales en el operario, por lo que este proceso de envoltura se realiza en toda su jornada laboral y; al ser un trabajo manual, repetitivo y de alta velocidad, podemos encontrar enfermedades laborales tales como:

- *Tendinitis*, inflamación del tendón.
- *Tenosinovitis*, inflamación de la vaina sinovial.
- *Síndrome de Quervain*, el tendón queda comprimido por la vaina sinovial.
- *Dedo en resorte*, sensación de bloqueo o resistencia del dedo.
- *Quiste sinovial o ganglión*, abultamiento con fluido sinovial debajo de la piel.
- *Epicondilitis*, prominencia externa del codo.
- *Epitrocleititis*, irritación de las uniones de los músculos flexores de los dedos en el interior del codo.

En esta fase no solo se encuentran inconvenientes laborales, si no también problemas asociados a los certificados de calidad, como lo es el BPM, ya que en este proceso no solo se está buscando la facilidad y la sistematización de la empresa, buscando adicionalmente incrementar la competitividad del sector.

Es por esto por lo que se diseñará y fabricará un dispositivo para el empacado de bocadillo en hoja de bijao, teniendo en cuenta los 4 ejes principales de la ingeniería mecatrónica, que permitirá dar una solución automatizada, segura y con un aumento en la producción, específicamente en la etapa del empacado. Todo este proceso se desarrollará mediante un programa de diseño que permitirá plantear y evaluar estrategias necesarias para lograr recibir bocadillo por bocadillo y que este mismo sea empacado en hoja de bijao. Con el

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL  TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

desarrollo de este proyecto, se podrá obtener un prototipo eficiente, que le Permitirá a las empresas elaboradoras de bocadillo una mejor competitividad en el mercado nacional e internacional.

## **1.2 OBJETIVOS.**

### **1.2.1 General.**

Diseñar y fabricar un dispositivo para el empaqueo de bocadillo en hoja de bijao.

#### **1.1.2 Específicos.**

- Establecer los parámetros fundamentales que rigen la operación del empaqueo de bocadillo en hoja de bijao.
- Diseñar bajo los parámetros obtenidos los componentes mecánicos y circuitos electrónicos necesarios, seleccionando referencias comerciales.
- Plantear la filosofía de control requerida para el correcto funcionamiento del dispositivo.
- Desarrollar la simulación de los mecanismos propios de la máquina para evaluar su funcionamiento.
- Evaluar el correcto funcionamiento del dispositivo para el empaqueo de bocadillo en hoja de bijao mediante pruebas experimentales en prototipo físico funcional.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

### 1.1.3 organización de la tesis

Para el marco teórico se dará a entender la importancia de la industria del bocadillo en Colombia, los distintos procesos que conlleva la elaboración de un bocadillo, sus principales características y entendimiento de la importancia de la hoja de bijao en el bocadillo, una breve explicación de como desarrollar un proyecto con ingeniería conceptual, explicación del diseño 3D y su importancia en nuestro trabajo.

Continuaremos con la metodología donde explicaremos la forma de la realización del trabajo, la explicación del porque abordamos la problemática desde ese punto y continuaremos con los resultados, donde se encontrara el desarrollo de todo el trabajo explicando y dando resultados a cada uno de los pasos involucrados en el proceso de desarrollo del dispositivo, adjuntado imágenes y videos del desarrollo físico, los planos y la animación del funcionamiento utilizando el software cinema 4d® hasta llegar a las conclusiones, recomendaciones y trabajo a futuro, donde plantaremos los puntos a favor encontrados en el trabajo, los errores encontrados y el futuro del proyecto.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## 2 MARCO TEÓRICO

---

Durante el proceso de producción de bocadillo veleño se puede escoger su envoltura usando hoja de bijao o con plástico, es común encontrar en el mercado ambas presentaciones, sin embargo, el bocadillo envuelto con hoja de bijao representa con mayor presencia el enfoque tradicional de este postre, es para los consumidores como para los productores; un material que añade valor al producto, además, al ser envuelto y conservado directamente con la hoja natural seca, el bocadillo toma un sabor distinto al que se envuelve con plástico por lo que es un factor importante al momento de su producción el escoger la envoltura a usar.

Para distintos productos envueltos en plástico es muy común usar el sistema de Flow-Pack, es decir, un sistema de entrada continuo de filme o material que se envuelve alrededor del producto, para ser luego cortado y sellado.

El alcance y versatilidad de una máquina de sellado del tipo Flow-Pack permite envolver y sellar alimentos de bajo peso o pequeñas dimensiones, así como galletas o pan, hasta materiales y productos no gastronómicos con mayor peso y perímetro.

Es el caso entonces de máquinas como la ARM-B2 que permite llenar y sellar mantequilla en foils de aluminio o plástico, alrededor de 40 unidades por minuto, o la Flow-pack ACTIVA 490, que permite el empaqueo continuo de más de 400 unidades de distintos productos sólidos con forma regular y un perímetro inferior a 500 mm.

Para el caso de la producción de bocadillo en plástico ambas máquinas podrían sortear el proceso de envoltura del bocadillo, sin embargo, es necesario realizar una búsqueda más precisa para encontrar un sistema capaz de usar unidades de empaqueo separadas para el proceso de envoltura con hoja de bijao.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

En esta sección se presenta el grupo central de conceptos y teorías que el lector necesitará para comprender el desarrollo de los objetivos y la metodología. Se refiere a las ideas base que soportara los argumentos. El marco teórico se apoya generalmente en el estudio global del área de trabajo con consultas en libros, páginas de internet, normas técnicas etc.

Dentro del marco teórico se debe también realizar una breve consulta de fuentes científicas tales como artículos científicos, patentes u otro material que ofrezca los desarrollos actuales en el tema a tratar.

Tanto el argumento global (el marco teórico) como la literatura que lo apoya (la revisión de literatura) son necesarios para desarrollar un trabajo de grado cohesivo y convincente.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

### 3 METODOLOGÍA

---

Debido al enfoque específico de la máquina propuesta se pretende usar bases de datos otorgadas por el ITM, páginas web como la de Fedeveleños y encuestas a empresas productoras de bocadillo veleño para reunir información técnica sobre el proceso de producción, datos con respecto al ambiente laboral y aún más importante; medir la necesidad o ventaja que ven las empresas en una máquina empacadora de bocadillos.

Una vez recopilado los datos y teniendo claridad de las fases presentes en el proceso de producción, se plantea diseñar los componentes mecánicos y circuitos electrónicos necesarios usando el programa de Autodesk Inventor®, que nos brinda la posibilidad de desarrollar piezas 3D, planos 2D, correr simulaciones dinámicas y generar los componentes necesarios para fabricar el prototipo real del dispositivo.

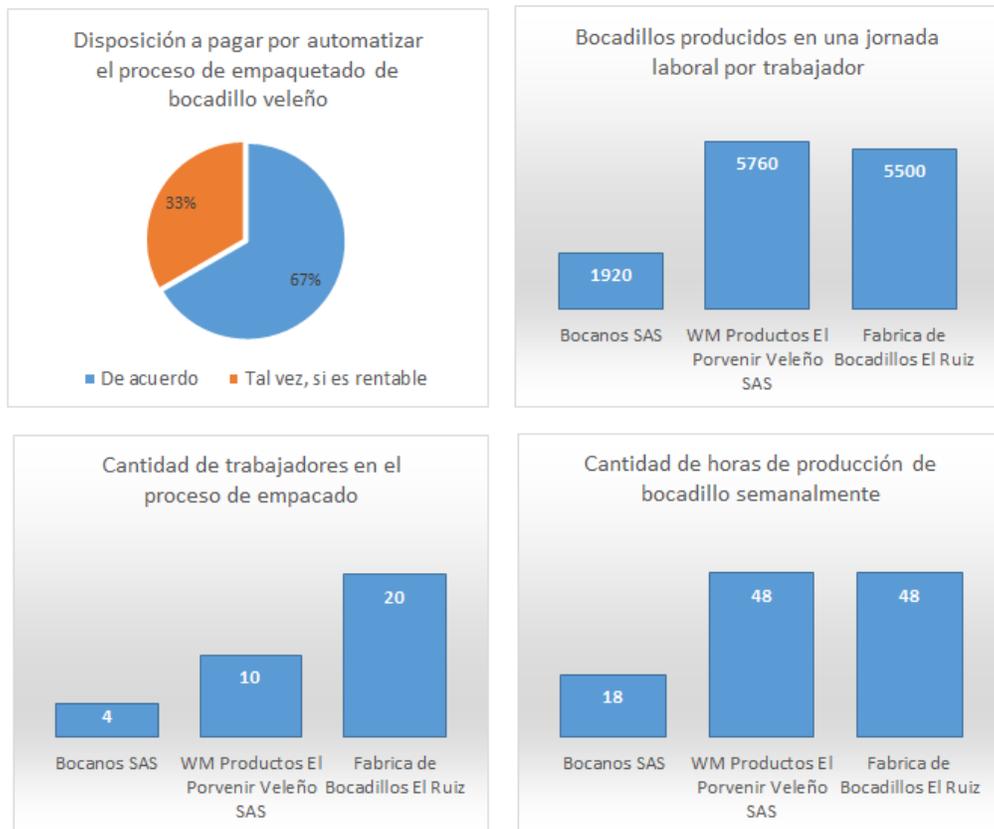
Luego, es necesario plantear la filosofía de control requerida para el correcto funcionamiento del dispositivo, que se fundamentara en sistemas de control básico teniendo en cuenta los sensores y actuadores implementados, en donde se pretende seleccionar referencias comerciales para mayor facilidad a la hora de mantenimiento y reparaciones tanto del prototipo como de la máquina final.

Para tener un correcto funcionamiento del prototipo, primero se evaluará mediante simulación cada una de las piezas elaboradas y luego el dispositivo en conjunto, observando y aplicando correcciones para dar luz verde a la elaboración del prototipo desde los planos de diseño digitales obtenidos para una correcta simulación, se plantea realizar el prototipo a través de materiales de bajo costo, con el fin de corroborar la confiabilidad y funcionalidad del sistema en pruebas experimentales.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Investigación preliminar

Como parte de la investigación preliminar se realizó una encuesta a distintas empresas productoras de bocadillo veleño con hoja de bijao, encuesta enfocada en conocer la tasa de bocadillos creados por jornada laboral, cantidad de trabajadores y productividad de la empresa, más una pregunta enfocada en conocer la visión de la empresa con respecto a la automatización del proceso productivo, agrupando las respuestas obtenemos los resultados de la **figura 2**.



**Figura 2.** Resultados de la encuesta a empresas. Fuente: Autores.

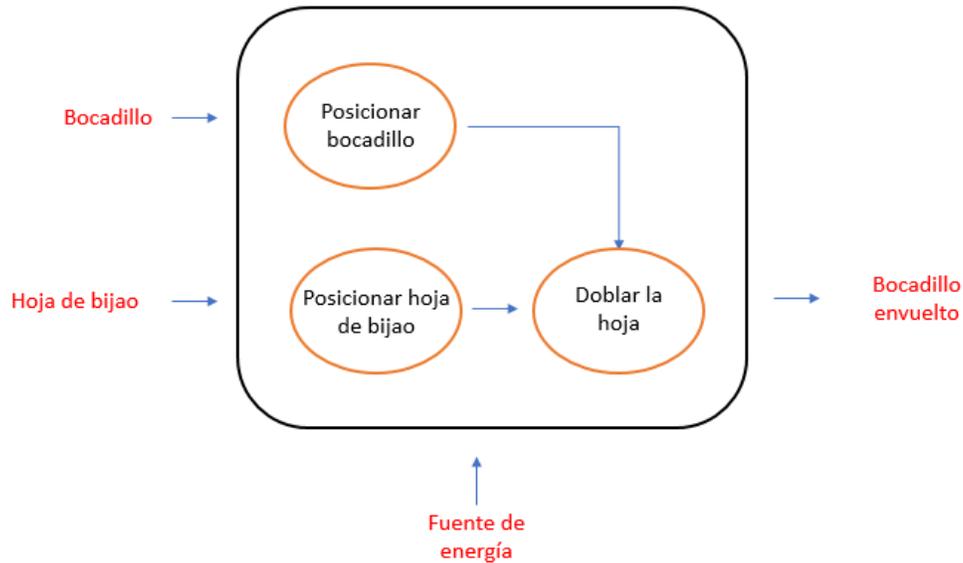
	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

En adición a estas respuestas se muestran en la **tabla 1** los requerimientos y ventajas que buscan dichas empresas en una máquina de envoltura de bocadillo veleño:

<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>
<i>Seguridad</i>	Cumpla con estándares de seguridad
	Fácil de operar
<i>Economía</i>	Rentable
	Bajos costos de mantenimiento
	Bajo consumo
<i>Conveniencia</i>	Compacta o dimensiones menores a 3x4 metros
	Poco mantenimiento
	Hoja de bijao no puede ser imitación
<i>Calidad</i>	Garantía
	Durabilidad

**Tabla 1.** Requerimientos generales de las empresas. Fuente: Autores.

Considerando estos factores que resultan indispensables para las empresas podemos plantear y definir las funciones descritas en la **figura 3**.



**Figura 3.** Diagrama de funciones. Fuente: Autores.

Luego, con las características generales de producción y las funciones que debe realizar la máquina, se llevó a cabo un sondeo de mercado para encontrar máquinas o patentes similares al trabajo requerido en el ámbito de empacadoras para bocadillo, como se observa en la **figura 3**.

	TREPKO				ARM		
							
Modelo de maquina	<b>831</b>	<b>832</b>	<b>822</b>	<b>841</b>	<b>ARM</b>	<b>ARM-B2</b>	
Consumo de energía kw	6,5	6	13	12	4,5-9	4,5-9	<=6
Productividad briquetas/min	160	120	260	60	20-80	70	>=260
flujo de aire comprimido m3/min	0,04	0,01	0,05	0,01	0,013	0,013	<=0,01
Rango de dosificación g	10-60	100-300	100-300	200-2200	9-1000	100-250	>=2200
Positivas	0	2	1	2	0	0	
Negativas	1	0	2	1	0	0	
$\Delta$	-1	2	-1	1	0	0	>=2

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

**Figura 4.** Benchmarking de máquinas de envolvimiento. Fuente: Autores.

En el benchmarking se observan las características de trabajo de dichas máquinas más una comparación según los valores de mayor ventaja en verde y valores de mayor desventaja en rojo, donde los valores en verde serían los valores buscados para la máquina propuesta en este trabajo.

Es importante recalcar que comúnmente los productos envueltos en aluminio o plástico se envuelven a través de un sistema Flow-Pack, es decir, un sistema de entrada continuo de film o material que se envuelve alrededor del producto, para ser luego cortado y sellado; este tipo de sistema puede ser aplicado a los bocadillos de guayaba con empaques de plástico, sin embargo, al trabajar con hojas de bijao, ya que las hojas están separadas y cortadas de forma inconsistente, un sistema Flow-Pack no podría cumplir el trabajo de envolver como lo requiere la producción del bocadillo veleño con hoja de bijao.

Es por esto por lo que es necesario implementar una solución diferente al proceso de envoltura del bocadillo veleño con hoja de bijao, ya que actualmente no se encuentra de manera comercial una máquina que cumpla con la función descrita o la función en un ámbito similar.

## 4.2 Diseño.

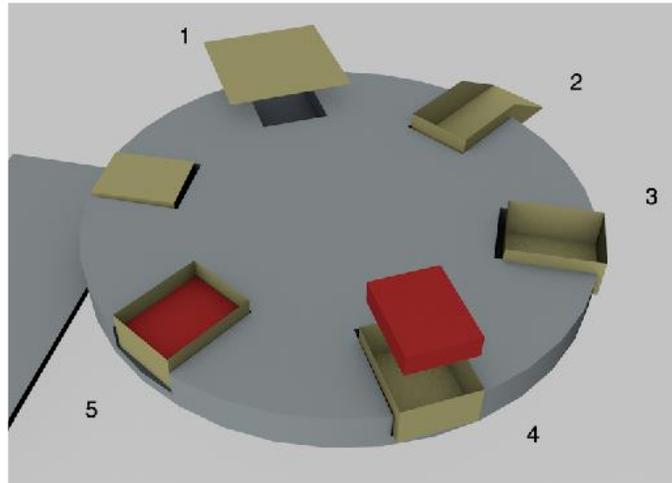
Se plantearon distintos mecanismos para realizar los dobleces de la hoja y envolver el bocadillo, en general se encontraron las siguientes posibles soluciones:

	A	B
<b>1</b>	Doblar la hoja en forma de caja 	Colocar el bocadillo encima de la hoja 
<b>2</b>	Colocar el bocadillo dentro 	Realizar 4 dobleces en la hoja 
<b>3</b>	Realizar dobléz de cierre 	

**Figura 5.** Posibles soluciones para el mecanismo de envoltura. Fuente: Autores.

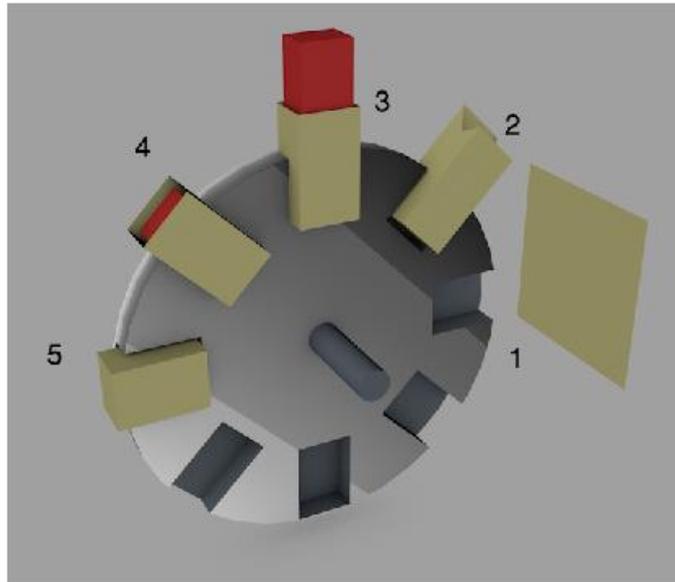
Para la solución A existen dos variaciones; pues es posible doblar la hoja y dejar la apertura en un lateral o en la solapa superior, de esta manera para colocar el bocadillo dentro, sería posible insertarlo de manera vertical o de manera horizontal, para la solución B con el bocadillo sobre la hoja se hacen los dobleces directamente con las dimensiones del bocadillo y se procede a hacer 4 dobleces consecutivamente.

Se realizó una previsualización de las 3 soluciones:



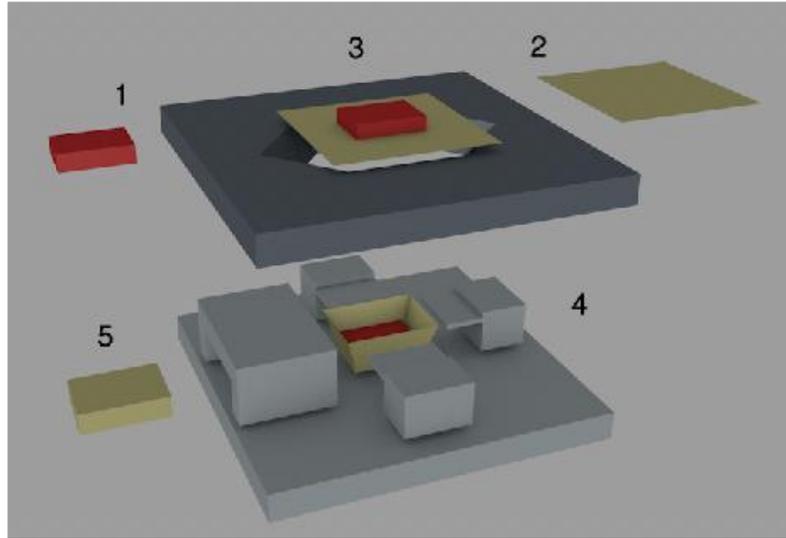
**Figura 6.** Concepto de solución A-horizontal. Fuente: Autores.

Para esta solución las hojas se colocan en la base circular giratoria en la posición 1, desde esta posición la hoja entra en una muesca hecha sobre el disco, lo cual le dará la forma de la posición 2, un actuador realizaría el doblado que sobresale del disco y la hoja de bñajo quedaría en forma de caja del numeral 3, una vez en la siguiente fase del disco giratorio, numeral 4, se coloca el bocadillo dentro de la hoja ya doblada en forma de caja y por último se procede a realizar los dobleces de cierre en la posición 5 quedando el bocadillo envuelto para el último giro antes de ser expulsado del disco giratorio.



**Figura 7.** Concepto de solución A-vertical. Fuente: Autores.

En general para la solución A-vertical se usan los mismos pasos y posiciones de la solución anterior, sin embargo, en este caso, el disco giratorio se coloca de manera vertical y como se muestra en la posición 3, el bocadillo se coloca por un lateral de la hoja de bijao al ser doblada en forma de caja; para la **figura 7** se muestra una vista de corte a mitad de la pieza, pues colocar la hoja de la posición 1 a la posición 2, no es posible si se empuja simplemente la hoja, por lo que en este caso hay un segundo actuador que cierra la hoja en la posición 2.



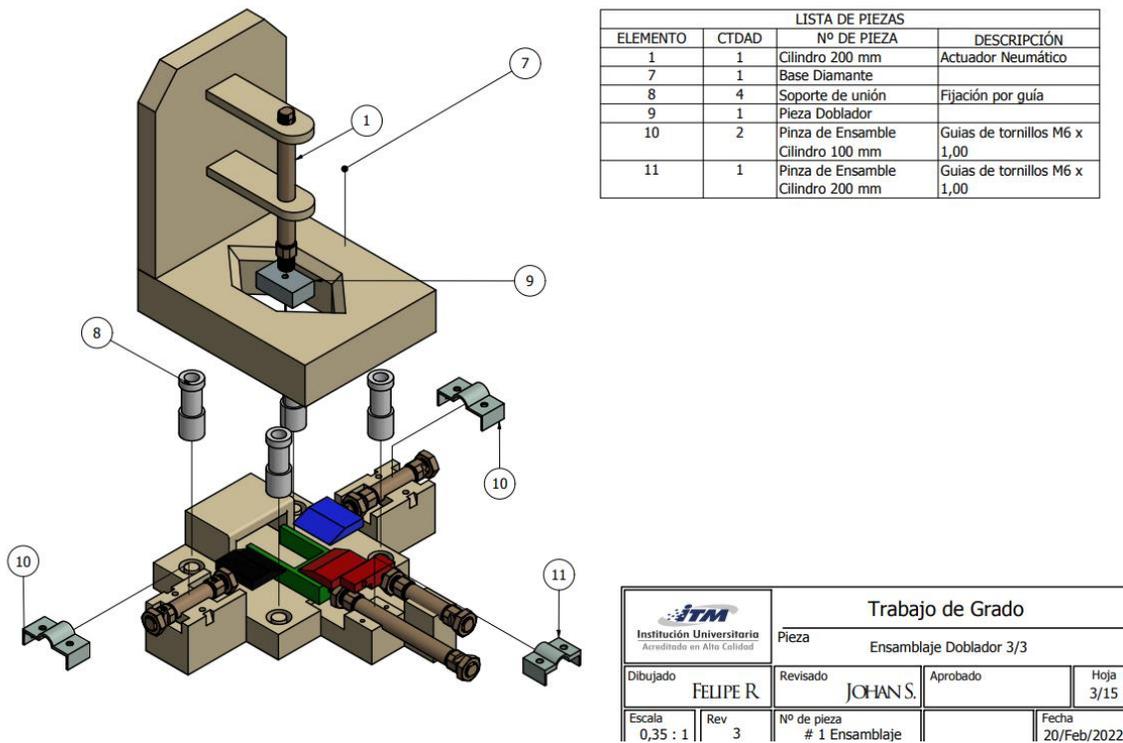
**Figura 8.** Concepto de solución B. Fuente: Autores.

Para la solución B, desde la posición 1 y 2, entran la hoja de bijao y el bocadillo, al ser colocados en la posición 3, un actuador vertical empuja el bocadillo y la hoja a través de la apertura en forma de diamante, en la posición 4 se realizan los dobleces de la hoja con 3 actuadores horizontales más un 4to actuador que empuja el bocadillo a la posición 5, donde se genera el último doblez antes de salir el bocadillo envuelto.

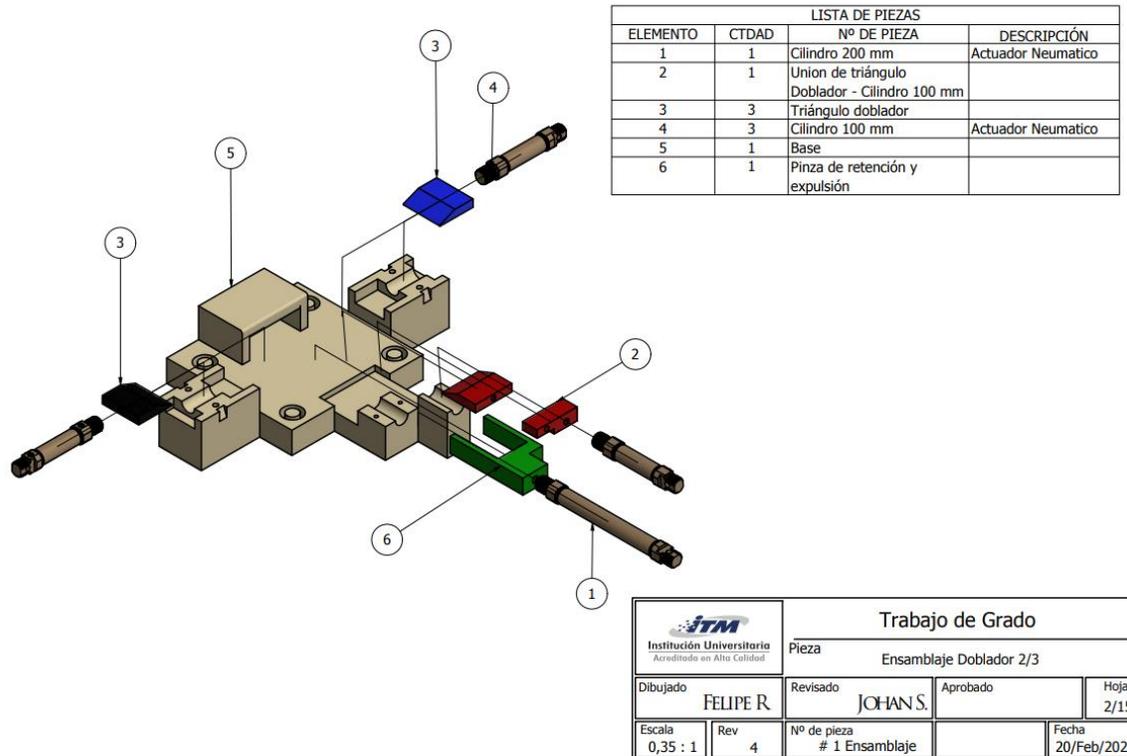
Al igual que en las soluciones anteriores, hay ángulos de pliegue de la hoja de bijao que deben garantizar un pliegue correcto, en ciertas piezas, usar ángulos de 90° o menores podrían quebrar la hoja, mientras que ángulos mayores a 90° podrían no doblar la hoja adecuadamente y el bocadillo no quedaría envuelto correctamente.

Debido a esta hipótesis era necesario realizar las pruebas experimentales para garantizar que el mecanismo es capaz de realizar los dobleces sin quebrar la hoja de bijao y obtener un ángulo de doblez efectivo.

Al obtener distintos conceptos de desarrollo de empaquetado, optamos por evaluar cada diseño con piezas comerciales y componentes de fácil acceso, que permitiera al diseño un mantenimiento e instalación rápido y sencillo, dando así la viabilidad por el diseño del concepto de solución B; Donde se diseñó a partir de componentes neumáticos y piezas de fácil producción a través de técnicas de mecanizado actuales, generando así el diseño de la **figura 9 y figura 10**.



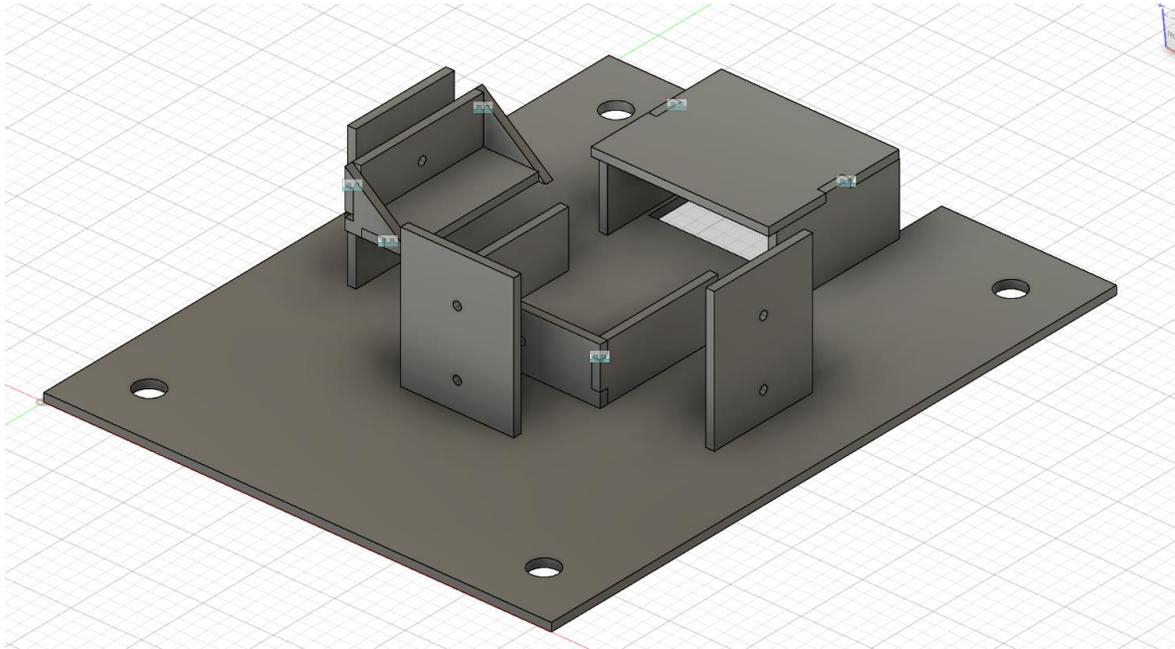
**Figura 9.** Explosionado del diseño solución B en Autodesk Inventor®. Fuente: Autores.



**Figura 10.** Explosionado actuadores y base para la solución B en Autodesk Inventor®. Fuente: Autores.

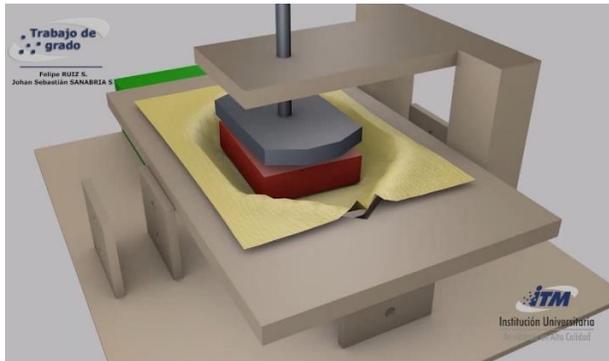
### 4.3 Pruebas experimentales.

Para el desarrollo del prototipo 1 y evaluar el diseño solución B, se elaboraron las piezas y se ensambló el diseño en el software Autodesk Fusion® **figura 11**, para poder determinar las posibles fallas en él y así aplicar las correcciones antes de ser mecanizado en una máquina cortadora láser.



**Figura 11.** Diseño prototipo 1 en el software Autodesk fusión®. Fuente: Autores.

El prototipo 1 además de ser diseñado y ensamblado en Autodesk Fusion®, se realizó una animación en el software Cinema 4D®, donde pudimos ver de manera detallada cada uno de los pasos elegidos para así determinar antes de desarrollar el prototipo físico posibles fallas y mejoras para este, para la **figura 12** se encuentra el primer paso en animación y en la **figura 13** se observa ya ubicado la hoja de biao y el bocado en la plataforma con forma de diamante, donde se realizaran los primeros dobleces y la ubicación del bocado en la pinza de recepción y extracción de *color verde*. Para el desarrollo del prototipo 1 físico fue elegido el mecanizado por corte láser en el laboratorio G-101, con material MDF de 3mm elegido por su bajo costo y su rapidez de mecanizado, brindando pruebas sencillas en corto tiempo y de manera más ágil, pero con el cumplimiento del objetivo de la prueba.

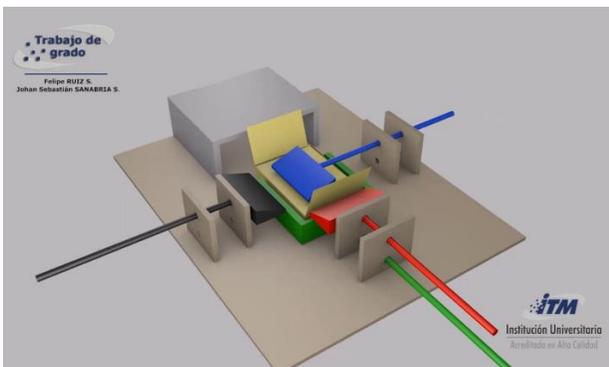


**Figura 12.** Animación del primer actuador. Fuente: Autores.



**Figura 13.** Prototipo físico, ubicación y primer movimiento. Fuente: Autores.

Para el segundo actuador, que se dirige de izquierda a derecha, en la **figura 14** y **figura 15** lo podemos identificar en ambos modelos de *color azul*, generando el primer dobléz de la hoja, teniendo en cuenta que el bocadillo debe estar ubicado dentro de la pinza de *color verde* y las puntas de las hojas al borde del diamante, con esto se busca que la hoja tenga un preorden de plegado y sus bordes no se fracturen con el paso del *actuador*.



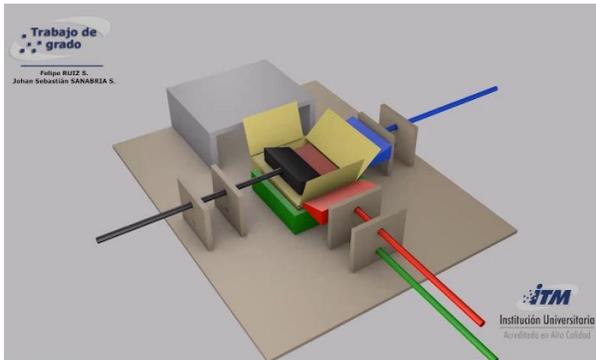
**Figura 14.** Animación del segundo actuador. Fuente: Autores.



**Figura 15.** Prototipo físico, primer dobléz lateral. Fuente: Autores.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

El tercer actuador se identifico con **color negro** para la **figura 16** y la **figura 17**, en este actuador se genera movimiento de derecha a izquierda, siguiendo al **actuador azul** en su trayectoria de retorno a posición inicial, para generar los dobleces faltantes en los laterales del bocadillo.

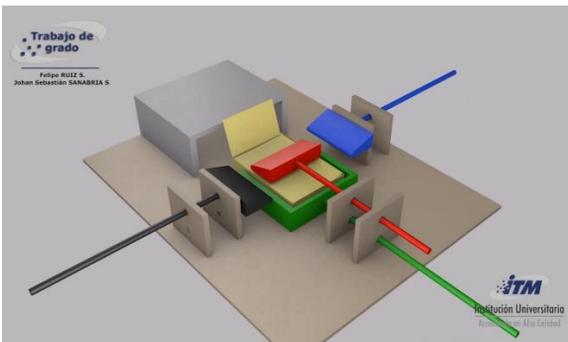


**Figura 16.** Animación del tercer actuador. Fuente: Autores.



**Figura 17.** Prototipo físico, segundo doblez lateral. Fuente: Autores.

Al obtener los dobleces laterales y el **actuador negro** retorne a su posición inicial, se activara el actuador de **color rojo** que brindara un movimiento lineal frontal hacia la boquilla de extracción que la ubicamos de **color blanco** en las figuras 14 y 15, permitiendo a la hoja de bijao empezar a envolver el bocadillo.



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL  TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

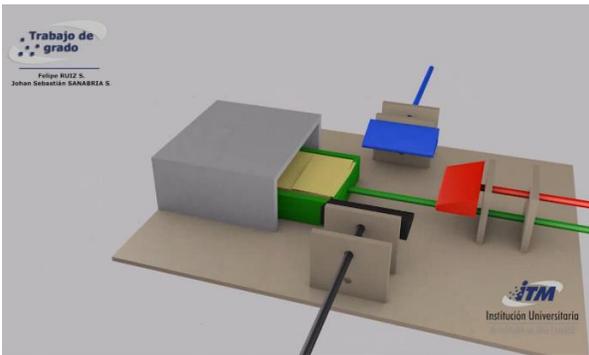
**Figura 18.** Animación del cuarto actuador.

Fuente: Autores.

**Figura 19.** Prototipo físico, primer dobléz frontal.

Fuente: Autores.

Como ultimo paso, la pinza de *color verde* se dirigira a la boquilla de extraccion de *color blanco* luego de que la pinza de *color rojo* regrese a su punto inicial, generando el ultimo dobléz en la hoja de bijao y asegurando puntas o vertices de la hoja que siguen sueltos y asi dando como resultado la extraccion del bocadillo para ser empacado en sus respectivas cajas de distribución para el mercado.



**Figura 20.** Animación del cuarto actuador.

Fuente: Autores.



**Figura 21.** Prototipo físico, segundo dobléz frontal y extracción.

Fuente: Autores.

En este prototipo 1 se pudo observar que la principal falla, fue lo ajustado que estaban las piezas al bocadillo y los bordes tan puntudos que cada vez que se acercaban a la hoja de bijao la perforaban o creaban fisuras en ella, esto dándonos a entender que el prototipo 2 debe tener un mayor espacio al recibir el bocadillo con la hoja, mejorar las fricciones que hay entre cada actuador que realiza los dobleces en la hoja, ya que por su fragilidad debe ser movimientos rápidos y precisos, así evitando exposición del bocadillo fuera de su empaque. Pero como principal acontecimiento a pesar de las fallas mecánicas y de ingeniería, fue que el planteamiento elaborado para realizar sus dobleces fue eficiente y cumple con el objetivo general de este trabajo, desde el diamante que nos permite generar en la hoja un redoblado en sus vértices y así hacer más fácil el doblado de sus laterales con

nuestros actuadores y distribución como paso final efectivos y con una solución sobresaliente a lo esperado. **Figura 22.**



**Figura 22.** Prototipo 1, entrega del bocadillo en boquilla de salida. Fuente: Autores.

Adjunto a este documento se realizó un video mostrando la animación del prototipo 1 en cinema 4D® y la prueba física realizada junto con su resultado, donde se puede observar las distintas fallas del prototipo con el producto final y el empaquetado resultado después del proceso aplicado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## 5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

### 5.1 Conclusiones.

- Se realizó un dispositivo que facilita el empaqueo del bocadillo en la hoja de Bijao, este fue desarrollado por medio de diseño 3D, simulación, técnicas de corte y ensamble enfocadas en dar solución a la problemática propuesta, luego de varias pruebas en el modelo físico se obtuvieron resultados positivos en el proceso de dobles de la hoja de bijao con el bocadillo.
- Los parámetros que rigen en la operación del empaqueo del bocadillo en la hoja de Bijao se descubrieron después de una búsqueda en bases de datos del ITM y de páginas aliadas a fedevaleños donde explicaban los parámetros fundamentales para el empaqueo, donde siempre se realizaba manualmente y de manera distinta para cada operario lo que nos permitió tener nuestra propia forma de hacer los dobleces para empaocar el bocadillo.
- Para lograr diseñar un producto que pueda tener éxito en el mercado fue indispensable reconocer algunas marcas comerciales de este, se evidenció un gran vacío en la información científica pues al ser un producto nacional no cuenta con desarrollos de esta magnitud, por esto mismo es un trabajo que se desarrollo desde 0, planteando múltiples soluciones que tengan componentes comerciales y de fácil accesibilidad, encontrando así la mejor opción en viabilidad de mercado.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Se desarrollo la filosofía de control adecuada para un correcto funcionamiento en el dispositivo, teniendo en cuenta que se presentaran modificaciones al continuar con el futuro del trabajo de grado.

- Al realizar una investigación exhaustiva se logró diseñar un modelo para dar solución a la problemática, primero se realizó un prototipo en 3d que permitía hacer una evaluación del proceso a desarrollar, el cual se construyó con materiales de bajo costo y se logró perfeccionar con ayuda de algunas técnicas mecánicas. Luego de varias pruebas experimentales se evidenció que el mecanismo podía generar perforaciones en la hoja por los bordes tan ajustados y afilados de los acabados de las piezas, durante las pruebas se generaron variaciones en las trayectorias de doblado debido a la maleabilidad de la madera MDF y los cilindros de balsa, los cuales, durante los recorridos de accionamiento, aumentaron la fricción del material generando desplazamientos y hasta fracturas en los palos de balsa por la fuerza aplicada para generar el movimiento, sin embargo, siendo estos materiales de bajo costo y trabajando el prototipo de forma manual, se consiguió construir un prototipo que fiel a la filosofía de control es capaz de envolver un bocado en hoja de balsa.

## 5.2 Recomendaciones.

- Se recomienda un segundo prototipo con aumento en las medidas en 5mm para que la hoja de balsa no entre tan ajustada y se fracture.

- Se recomienda utilizar materiales más cercanos a los deseados ya que la madera utilizada tiende a tener mucha falla al aplicarle altos esfuerzos.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Se recomienda dejar todos los bordes que tocan la hoja de bijao redondos, así evitando la perforación de esta.
- Se recomienda evaluar los siguientes prototipos bajo las velocidades deseadas para así obtener más datos a mejorar en siguientes prototipos.
- Se recomienda utilizar elementos mecánicos que disminuyan las fricciones mecánicas entre materiales y así favoreciendo las trayectorias de los actuadores.

### **5.3 Trabajos futuros.**

La segunda etapa para nuestro dispositivo será elaborar el segundo prototipo con materiales parecidos o que sean los materiales deseados para nuestro dispositivo final, que nos permita obtener datos reales de la evaluación de las trayectorias e impactos de los actuadores en la hoja de bijao al momento de ser doblada por los mismos y así empezar a buscar solución a los distintos problemas encontrados en este segundo prototipo, automatizar este con sistemas y actuadores neumáticos, buscando así la cercanía en los tiempos deseados y la perfección en el empacado del bocadillo en hoja de bijao, obteniendo precio del dispositivo para su venta y empezar el desarrollo para el sistema de ubicación de bocadillo y ubicación de la hoja de bijao como alimentación al sistema de empacado en hoja de bijao.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## REFERENCIAS

---

*Bocadillos el Puma – Desde 1979.* (s/f). Productoselpuma.com. Recuperado el 22 de noviembre de 2021, de <https://productoselpuma.com/>

*FedeVeleños.* (s/f). Bocadillovelenodo.com. Recuperado el 22 de noviembre de 2021, de <https://www.bocadillovelenodo.com/>

González Mateus, D., & Moreno Serrano, J. J. (2012). *PLAN PARA LA APLICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA EN LA FÁBRICA DE BOCADILLOS LOS CLAVELES LTDA* [UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA].

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9274/PROYECTO%20DE%20GRADO.pdf?sequence=1>

Guarín, A. M. R. (2002). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA ELABORACIÓN DE BOCADILLO A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DEL TOMATE DE ÁRBOL (Cyphomandra betacea Send), EN LA CIUDAD DE POPAYÁN – CAUCA* [UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD].

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20133/amrodriguezg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Horta Bernal, L. M. (2020, marzo 9). *Con un festival, la Federación de Bocadillo Veleño busca salvar su producción.* <https://www.vanguardia.com/santander/region/con-un-festival-la-federacion-de-bocadillo-veleno-busca-salvar-su-produccion-HB2838678>

Mancera Rojas, A. del P. (s/f). *El bocadillo veleño y su reputación a través de la historia.* Gov.co. Recuperado el 12 de octubre de 2021, de <https://www.sic.gov.co/ruta-pi/julio5/bocadillo-velenio-y-su-reputacion-en-la-historia>

Montenegro, L. C. (2021, mayo 3). *REVISIÓN DE ALTERNATIVAS SOSTENIBLES PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE FÁBRICAS DE BOCADILLO EN COLOMBIA.* Edu.co.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33249/2021LauraRinc%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Radio, R. B. (Ed.). (2017). *Bocadillo veleño ya tiene sello de origen y calidad*.

<https://www.bluradio.com/blu360/santanderes/bocadillo-veleno-ya-tiene-sello-de-origen-y-calidad>

Remón, B. (2011 9). *Riesgos laborales que originan los movimientos repetitivos*. Cen7dias.es.

<http://www.cen7dias.es/contenido.php?bol=33&id=987&sec=4>

---

## ANEXOS

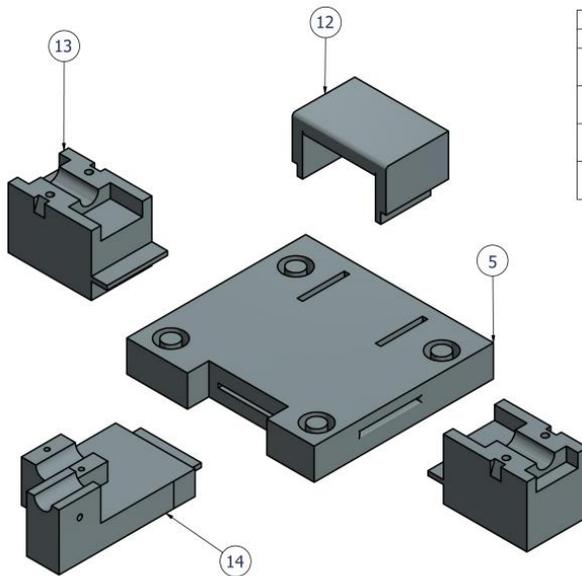
Anexo A, video demostrativo prototipo 1.

Anexo B, pdf conjunto de planos.

Anexo C, piezas en 3D.

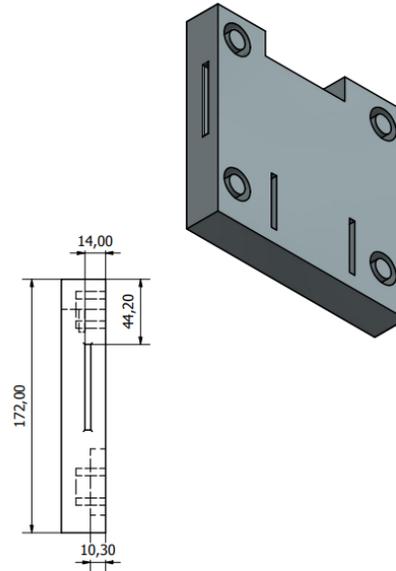
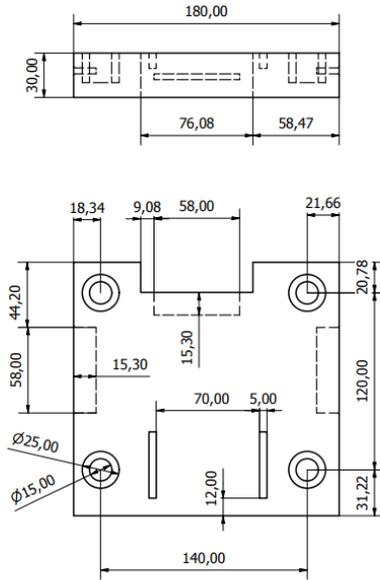
## Apéndice

### 1.1 Conjunto de planos para solución B.

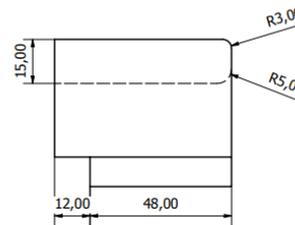
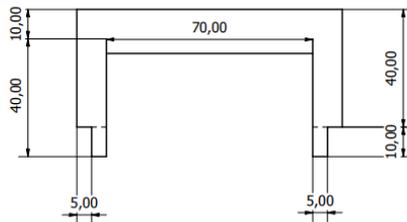
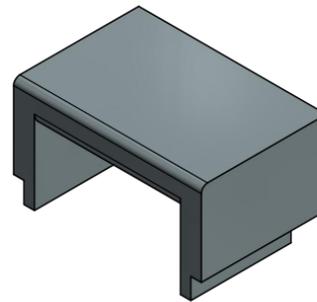
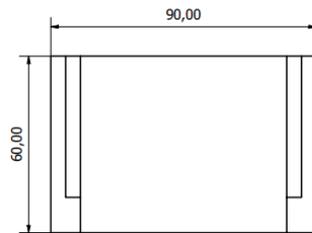


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
5	1	Base de mecanismo Doblador	
12	1	Base de cilindro 200mm doblador	
13	2	Base cilindros 100mm doblador	
14	1	Base Techo de doblado	

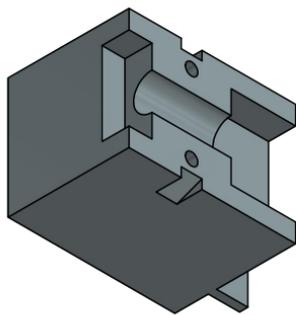
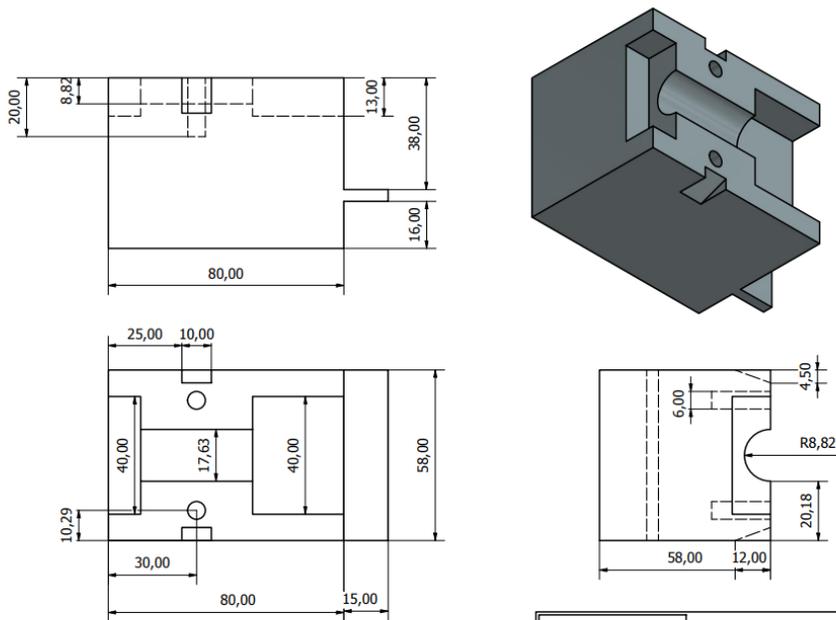
 Institución Universitaria <small>Acreditado en Alto Calidad</small>		<b>Trabajo de grado</b>		
		Pieza <b>Ensamblaje Doblador 1/3</b>		
Dibujado	FELIPE R	Revisado	JOHAN S	Aprobado
				Hoja 1/15
Escala	0,35 : 1	Rev	3	Nº de pieza # 1 Ensamblaje
			Fecha	20/Feb/2022



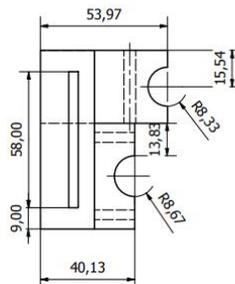
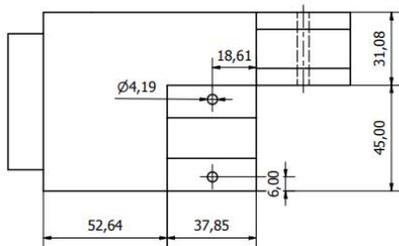
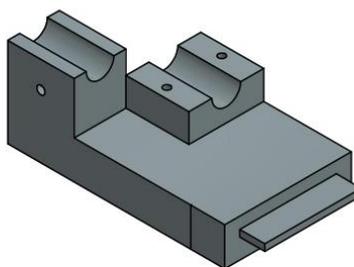
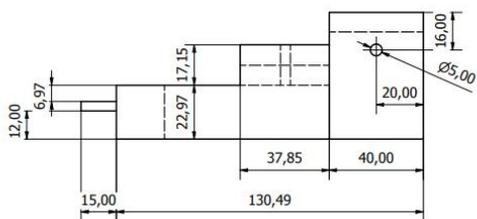
 Institución Universitaria Acreditada en Alta Calidad		Trabajo de Grado			
		Pieza Base de Doblador			
Dibujado	FELIPE R.	Revisado	JOHAN S.	Aprobado	Hoja 4/15
Escala	1:2	Rev	1	Nº de pieza	5
				mm	Fecha 20/Feb/2022



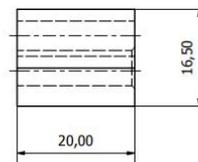
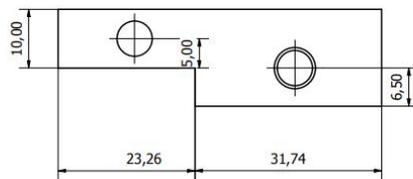
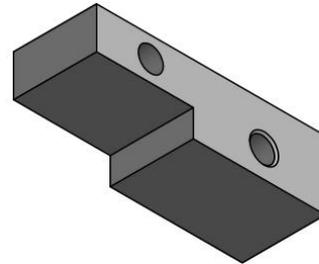
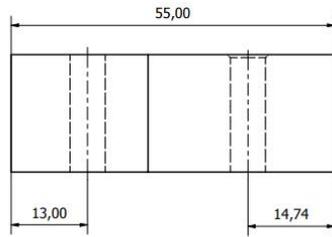
 Institución Universitaria Acreditada en Alta Calidad		Trabajo de Grado			
		Pieza Base - Techo de Doblador			
Dibujado	FELIPE R.	Revisado	JOHAN S.	Aprobado	Hoja 5/15
Escala	1:1	Rev	4	Nº de pieza	13
				mm	Fecha 20/Feb/2022



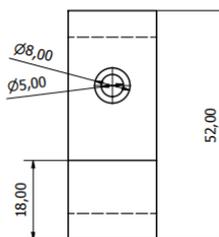
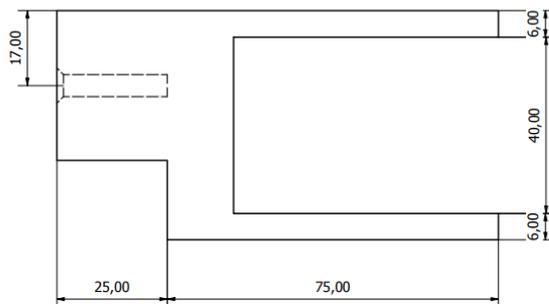
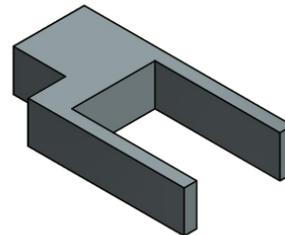
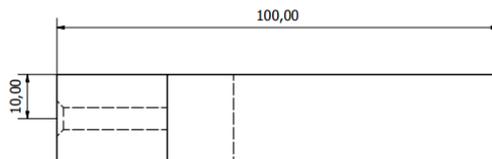
 Institución Universitaria Acreditada en Alto Calidad		Trabajo de Grado Pieza Base de cilindro 100 mm		
Dibujado	FELIPE R.	Revisado	JOHAN S.	Aprobado
Escala	1:1	Rev	2	Nº de pieza
				14
			mm	Fecha
				20/Feb/2022
				Hoja
				6/15



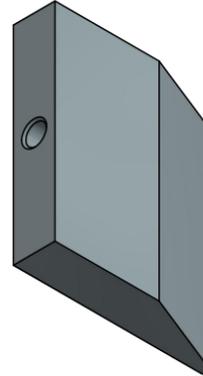
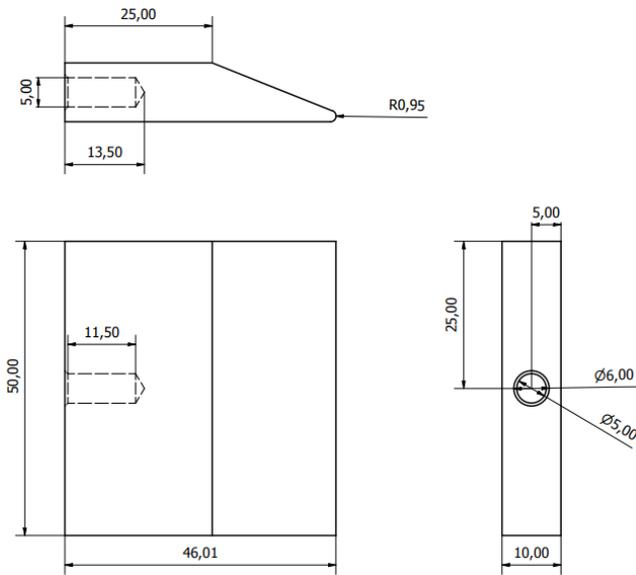
 Institución Universitaria Acreditada en Alto Calidad		Trabajo de Grado Pieza Base de Cilindro 200 mm		
Dibujado	FELIPE R.	Revisado	JOHAN S.	Aprobado
Escala	0,8:1	Rev	3	Nº de pieza
				15
			mm	Fecha
				20/Feb/2022
				Hoja
				7/15



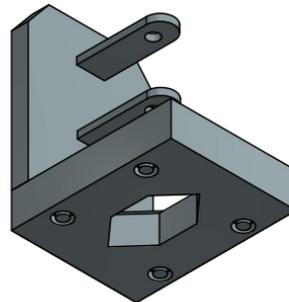
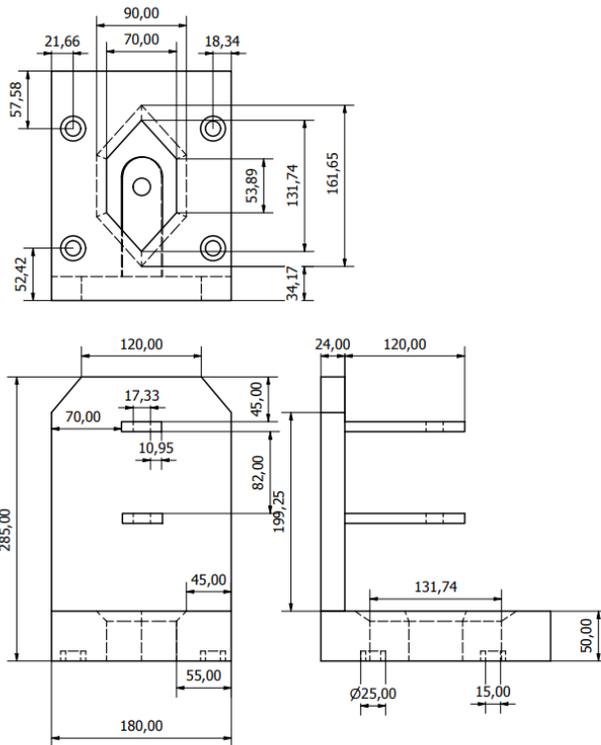
 <b>Institución Universitaria</b> <small>Acreditada en Alta Calidad</small>		<b>Trabajo de Grado</b>		
		Pieza <b>Union de triángulo Doblador - Cilindro 100 mm</b>		
Dibujado	FELIPE R	Revisado	JOHAN S.	Aprobado
				Hoja 8/15
Escala	2:1	Rev	2	Nº de pieza
				2
			mm	Fecha
				20/Feb/2022



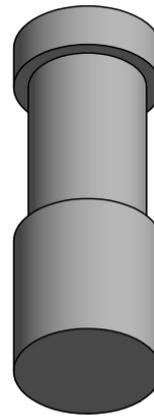
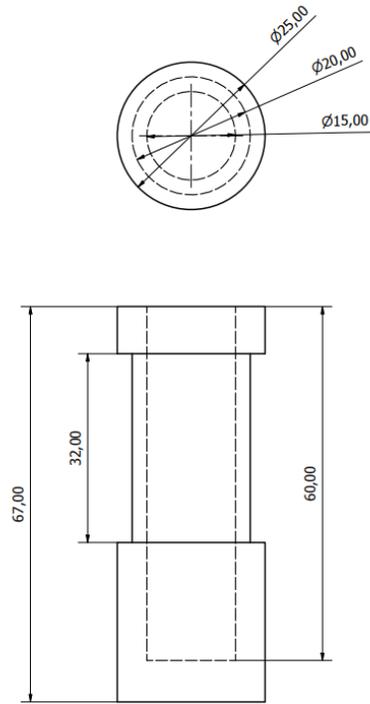
 <b>Institución Universitaria</b> <small>Acreditada en Alta Calidad</small>		<b>Trabajo de Grado</b>		
		Pieza <b>Piñza de retención y expulsión</b>		
Dibujado	FELIPE R	Revisado	JOHAN S.	Aprobado
				Hoja 10/15
Escala	1,5:1	Rev	1	Nº de pieza
				6
			mm	Fecha
				20/Feb/2022



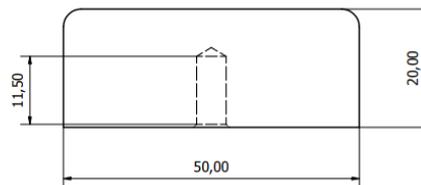
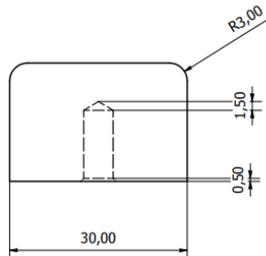
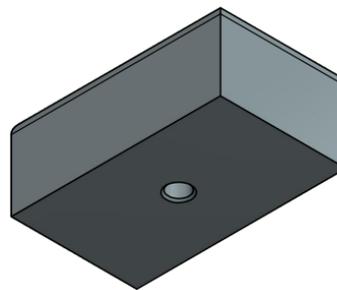
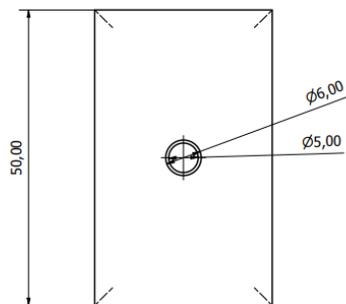
 Institución Universitaria Acreditada en Alta Calidad		Trabajo de Grado			
		Pieza Triángulo doblador			
Dibujado	FELIPE R.	Revisado	JOHAN S.	Aprobado	Hoja 9/15
Escala	2 : 1	Rev	2	Nº de pieza	3
				mm	Fecha 20/Feb/2022



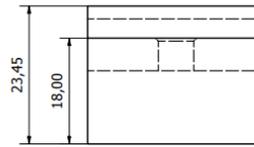
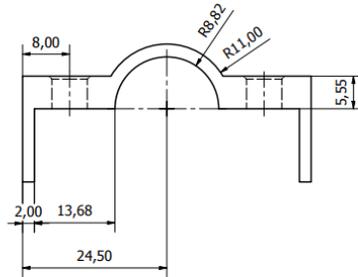
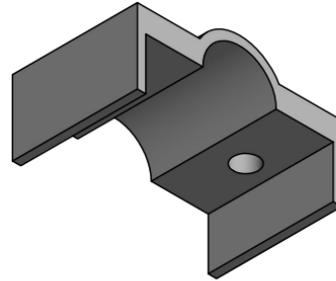
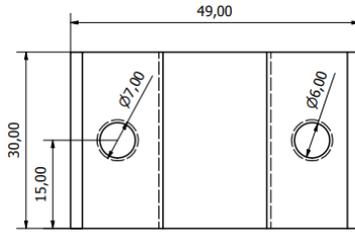
 Institución Universitaria Acreditada en Alta Calidad		Trabajo de Grado			
		Pieza Base Diamante			
Dibujado	FELIPE R.	Revisado	JOHAN S.	Aprobado	Hoja 11/15
Escala	1 : 2,95	Rev	4	Nº de pieza	7
				mm	Fecha 20/Feb/2022



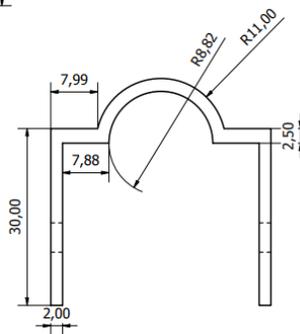
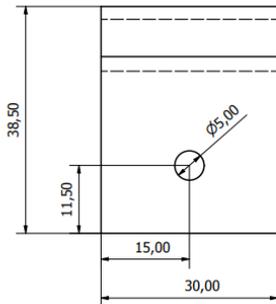
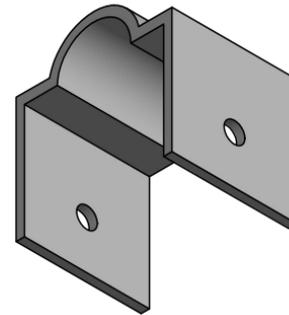
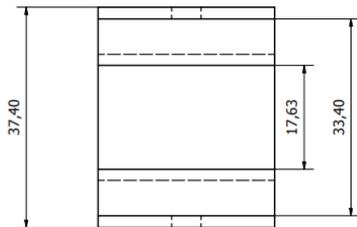
 Institución Universitaria Acreditada en Alto Calidad		Trabajo de Grado			
		Pieza Soporte de unión			
Dibujado	FELIPE R	Revisado	JOHAN S.	Aprobado	Hoja 12/15
Escala	2:1	Rev	2	Nº de pieza	8 mm Fecha 20/Feb/2022



 Institución Universitaria Acreditada en Alto Calidad		Trabajo de Grado			
		Pieza Base de empuje			
Dibujado	FELIPE R	Revisado	JOHAN S.	Aprobado	Hoja 13/15
Escala	2:1	Rev	1	Nº de pieza	9 mm Fecha 20/Feb/2022



 Institución Universitaria Acreditada en Alto Calidad		Trabajo de Grado			
		Pieza Garza de cilindro 100mm			
Dibujado	FELIPE R.	Revisado	JOHAN S.	Aprobado	Hoja 14/15
Escala	2:1	Rev	1	Nº de pieza 10	Fecha 20/Feb/2022

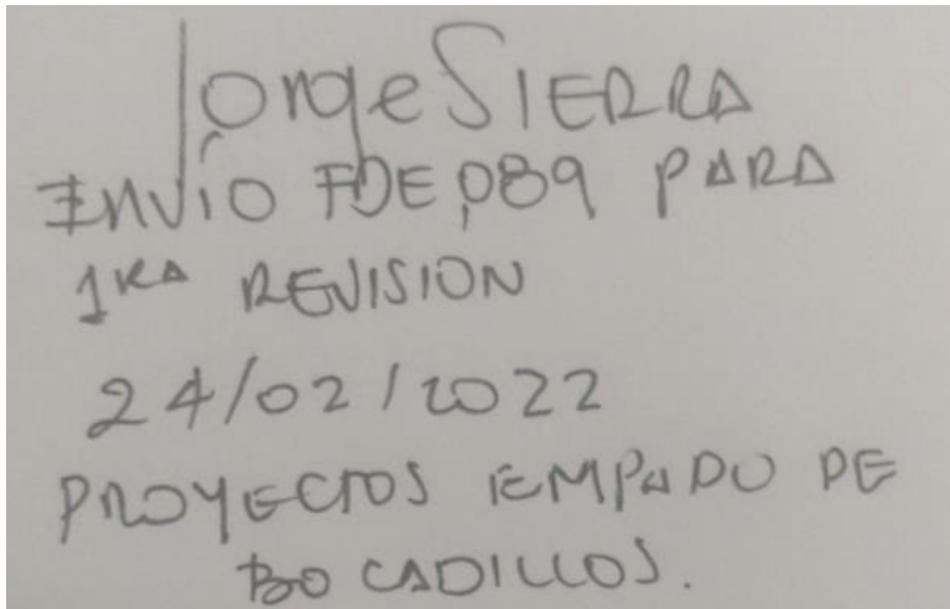


 Institución Universitaria Acreditada en Alto Calidad		Trabajo de Grado			
		Pieza Garza 3 Cilindro 200 mm			
Dibujado	FELIPE R.	Revisado	JOHAN S.	Aprobado	Hoja 15/15
Escala	1:2	Rev	3	Nº de pieza 11	Fecha 20/Feb/2022

FIRMA ESTUDIANTES \_\_\_\_\_



FIRMA ASESORES



Jorge SIERRA  
ENVIO FDE 089 PARA  
1RA REVISION  
24/02/2022  
PROYECTOS EMPADU DE  
BO CADILLOS.

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_ 24/02/2022 \_\_\_\_\_