

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Mecatrónica

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA  
PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE BOTELLAS  
OVALADAS EN LA EMPRESA A&D QUIMICOS Y DIVERSOS  
S.A EN EL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA – 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Autor:

Bach. Tomas Gorky Caicedo Meza

Asesor:

Mg. Jorge Luis Contreras Cossío

Lima - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Mg. Jorge Luíz Contreras Cossío, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA MECATRÓNICA, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Tomas Gorky Caicedo Meza

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Implementación de una máquina etiquetadora de botellas ovaladas para incrementar la productividad de botellas ovaladas en la empresa A&D químicos y diversos en el distrito de Puente Piedra – 2018” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Mecatrónico por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Mg. Jorge Luíz Contreras Cossío  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Tomas Gorky Caicedo Meza, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Ingeniero Mecatrónico

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Dr. Néstor B. Corpus Vergara  
Jurado  
Presidente

---

Mg. Carlos A. Sánchez Márquez  
Jurado

---

Ing. Euler S. Deza Figueroa  
Jurado

## DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a Dios, por estar conmigo, darme fuerzas cuando no las tenía y ayudarme a tomar decisiones correctas en mi vida, A mi madre Vilma meza, por confiar en mí y estar siempre conmigo ayudándome a crecer como persona y profesional

## AGRADECIMIENTO

Le agradezco a mi madre Vilma Meza Escobar, por cuidarme en todo momento, darme motivación para iniciar y culminar mis estudios técnicos superiores, y apoyarme en la decisión de iniciar una carrera universitaria. Es la persona más importante en mi vida y estaré eternamente agradecido con ella.

A mi padre Gorky Caicedo Horna por estar pendiente de mi desarrollo profesional, acudir en aquellos momentos en donde necesitaba de él y estar orgulloso y confiar siempre en mí.

Al ingeniero German Vázquez y a su empresa Hidraulic and Hidrostatic E.I.R.L. por insertarme en el campo laboral y ayudarme a crecer como profesional.

Al ingeniero Pedro Pachas por inculcarme el valor de capacitación continua que el éxito se realiza a base es esfuerzo, perseverancia y dedicación.

Al ingeniero Ricardo Reyes por ayudarme a la elección y aplicación de mi tesis para optar mi título profesional.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....</b>	<b>ii</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1. Realidad problemática.....	14
1.2. Formulación del problema .....	16
1.3. Objetivos .....	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos .....	16
1.4. Antecedentes .....	17
1.4.1. Antecedentes nacionales .....	17
1.4.2. Antecedentes internacionales.....	19
1.5. Hipótesis.....	21
1.5.1. Hipótesis general.....	21
1.5.2. Hipótesis específicas .....	21
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
2.1. Tipo de investigación .....	22

2.2.	Materiales, instrumentos y métodos.....	23
2.2.1.	Materiales.....	23
2.2.2.	Instrumentos.....	23
2.2.3.	Métodos.....	24
2.3.	Desarrollo de la aplicación.....	26
2.3.1.	Diseño mecánico de la máquina etiquetadora.....	26
2.3.2.	Selección de motores de la máquina etiquetadora. ....	31
2.3.3.	Sistema eléctrico de la máquina etiquetadora. ....	42
2.3.4.	Sistema de control de la máquina etiquetadora.....	45
2.3.5.	Costos de la implementación de la máquina etiquetadora. ....	51
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>		<b>55</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>		<b>58</b>
4.2.	Discusión.....	58
4.3.	Conclusiones .....	59
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>60</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>62</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones técnicas del motorreductor de accionamiento.....	41
Tabla 2 Especificaciones técnicas del controlador logico programable.....	45
Tabla 3 Especificaciones técnicas de la interface hombre - máquina .....	47
Tabla 4 Costo de componetes mecánicos de la máquina etiquetadora.....	51
Tabla 5 Costo de componentes eléctricos de la máquina etiquetadora .....	52
Tabla 6 Costo total de la implementación de la máquina. ....	53
Tabla 7 Costo del consumo máximo mensual de la máquina .....	54
Tabla 8 Resultado del incremento de la productividad .....	55
Tabla 9 Costo mensual despúes de la implementación .....	56
Tabla 10 Comparación entre costo anterior y actual .....	56
Tabla 11 Tiempo de recuperación .....	57



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la máquina etiquetadora. ....	24
Figura 2. Máquina etiquetadora en funcionamiento. ....	25
Figura 3. Máquina etiquetadora en operación. ....	25
Figura 4. Vista isométrica de la máquina etiquetadora. ....	26
Figura 5. Partes principales de la banda transportadora. ....	27
Figura 6. Despiece de eje conducido de la banda transportadora. ....	28
Figura 7. Despiece del eje motriz de la banda transportadora. ....	28
Figura 8. Partes principales del mecanismo de etiquetado. ....	29
Figura 9. Despiece del tensor de etiquetas. ....	30
Figura 10. Despiece de motorreductor del mecanismo de etiquetado. ....	30
Figura 11. Modelo a emplear. ....	31
Figura 12. Coeficientes de fricción. ....	32
Figura 13. Datos técnicos del motor eléctrico. ....	35
Figura 14. Datos técnicos del reductor de velocidad. ....	37
Figura 15. Vista superior del mecanismo del sistema de etiquetado. ....	37
Figura 16. Eje conducido. ....	39
Figura 17. Eje motriz. ....	40
Figura 18. Esquema eléctrico de fuerza de la máquina etiquetadora. ....	42
Figura 19. Esquema eléctrico de mando de la máquina etiquetadora. ....	43
Figura 20. Sensor fotoeléctrico tipo “U”. ....	44
Figura 21. Sensor fotoeléctrico láser. ....	44
Figura 22. Diagrama funcional GRAFCET de la máquina etiquetadora. ....	46
Figura 23. Configuración de las imágenes de la interface hombre-máquina. ....	47

Figura 24. Imagen raíz.....	48
Figura 25. Imagen “Configuración de la máquina”.....	48
Figura 26. Imagen “Velocidad”.....	49
Figura 27. Imagen “Máquina etiquetadora”. ....	49
Figura 28. Imagen “Información de la máquina”. ....	50
Figura 29. Máquina etiquetadora.....	57

## ÍNDICE DE ECUACIONES

(Ec. 1) Fuerza tangencial máxima. ....	31
(Ec. 2) Potencia mecánica en el tambor motriz. ....	33
(Ec. 3) Potencia mecánica en el tambor motriz. ....	33
(Ec. 4) Número de revoluciones por minuto del motor. ....	34
(Ec. 5) Velocidad lineal. ....	35
(Ec. 6) Relación de transmisión. ....	36
(Ec. 7) Velocidad lineal. ....	38
(Ec. 8) Sumatoria de toques. ....	38
(Ec. 9) Sumatoria de toques en eje conducido. ....	39
(Ec. 10) Sumatoria de toques en eje motriz. ....	40

## RESUMEN

La presente investigación no experimental tiene como objetivo incrementar la productividad de botellas ovaladas de lavavajilla líquida en la empresa A&D Químicos y Diversos S.A., ya que el proceso era realizado de forma manual alcanzando una productividad de 20 botellas/minuto y una producción de 288,000 botellas mensuales, ocasionado demoras en los tiempos de entrega y déficits en el control de producción. Ante ello se implementó una máquina etiquetadora, la cual consta de dos sistemas mecánicos, una banda transportadora y un mecanismo de etiquetado; en el gobierno de la máquina se utilizó un controlador lógico programable y una interfaz hombre-máquina, esto permite visualizar el número de botellas terminadas y tener un control a tiempo real; se utilizaron dos sensores del tipo fotoeléctrico para la detección de botellas y para detectar la separación que existe entre etiquetas. Se seleccionaron los motores, se desarrollaron los planos mecánicos, se diseñó el sistema eléctrico y se desarrolló el sistema de control de la máquina. Esta implementación beneficia a la etapa de etiquetado, ya que se logró incrementar la productividad a 55 botellas/minuto y una producción de 792,000 botellas mensuales.

**Palabras clave:** Etiquetadora, Automatización, Sensores, PLC, HMI.

## SUMMARY

The objective of this non-experimental research is to increase the productivity of oval liquid dishwashing bottles in the company A & D Químicos y Diversos SA, since the process was carried out manually, reaching a productivity of 20 bottles / minute and a production of 288,000 bottles per month., caused delays in delivery times and deficits in production control. Before it was implemented a labeling machine, which consists of two mechanical systems, a conveyor belt and a labeling mechanism; In the government of the machine, a programmable logic controller and a man-machine interface were used, this allows visualizing the number of finished bottles and having a real-time control; two sensors of the photoelectric type were used for the detection of bottles and to detect the separation that exists between labels. The engines were selected, the mechanical plans were developed, the electrical system was designed and the machine control system was developed. This implementation benefits the labeling stage, since it was possible to increase productivity to 55 bottles / minute and a production of 792,000 bottles per month.

**Keywords:** Labeller Automation; Sensors; PLC; HMI

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Hoy en día, la elaboración de productos envasados en nuestro país se encuentra en notable crecimiento; existen diversas empresas dedicadas a la elaboración de productos químicos, alimenticios o farmacéuticos y estos son embotellados o envasados. En la actualidad las industrias de gran envergadura cuentan con líneas de producción de alta tecnología con sistemas de gran complejidad, que son capaces de realizar procesos de forma autónoma, reduciendo en gran proporción la intervención humana. Dentro de este contexto A&D químicos y diversos S.A. se dedica “exclusivamente a la distribución de Insumos Químicos como Hipoclorito de Sodio y Ácido Clorhídrico Industrial destinados a la industria de limpieza, tratamiento de aguas y sector textil”. (A & D Químicos y diversos S.A., 2018).

Posteriormente, con la finalidad de afianzar el crecimiento de la compañía, se incursionó en la fabricación de productos de limpieza, las marcas que se desarrollaron son “Margot”, “Mariana” y “Zambo”, quienes actualmente son líderes en las zonas regionales del Perú. En los últimos cinco años se ha expandido la gama de productos en la línea doméstica como son lavavajillas, desinfectantes y ambientadores en diversas presentaciones, con las marcas “Lesly”, “Rayo”, y “Blancura” respectivamente. (A & D Químicos y diversos S.A., 2018).

La planta cuenta con diversas maquinarias destinadas a la fabricación de cada producto; la línea de producción de botellas ovalas de lavavajilla consta de tres etapas llenado, tapado y etiquetado; para la etapa de tapado y llenado de las botellas, se tiene maquinaria parcialmente automatizada, que trabaja mediante dispositivos mecánicos accionados por un sistema electroneumático, gobernado a través de un controlador lógico programable genérico. No obstante la etapa de etiquetado no cuenta con ningún tipo maquinaria que realice de forma rápida, óptima y continua este proceso, siendo esta la última etapa en la fabricación; ante esta déficits A&D químicos y diversos se ve obligado a realizar este trabajo en su totalidad de forma manual, derivando los productos a otra área donde se tiene personal capacitado, esto se realiza mediante 3 operarios, que reciben los productos llenados y tapados, para luego ser apilados en mesas de trabajo, posteriormente colocan las etiquetas, que son adheridas de forma centrada a la base del envase de plástico, mediante su autoadhesivo.

Al realizar las pruebas se comprobó que los trabajadores alcanzan en promedio un productividad de 20 botellas por minuto y una producción de 288,000 botellas mensuales en un turno de 8 horas diarias, esto depende de la habilidad manual y la experiencia del operador, pero frecuentemente 1 de cada 10 de los productos terminados son devueltos al área de etiquetado, ya que no pasan por el control de calidad impuesto por la empresa, pues al ser un trabajo repetitivo y desgastante, existen fallas de operación, como etiquetas mal puestas o descentradas, ocasionado, así retrasos en los tiempos de entrega; en diversas oportunidades los trabajadores se ven obligados a realizar sobretiempos con la finalidad de cumplir con los requerimientos solicitados.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo la implementación de una máquina etiquetadora incrementa la productividad de botellas ovaladas en la empresa A&D Químicos y Diversos en el distrito de Puente Piedra en el año 2018?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Incrementar la productividad de botellas ovaladas mediante la implementación de una máquina etiquetadora en la empresa A&D Químicos y Diversos en el distrito de Puente Piedra en el año 2018.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Disminuir la cantidad de botellas con etiquetas mal adheridas.
- Disminuir la mano de obra en el área de etiquetado.
- Determinar la cantidad de botellas producidas después de la implementación.



## 1.4. Antecedentes

### 1.4.1. Antecedentes nacionales

**Granda, A. (2016).** En su tesis denominada: *“Diseño de un sistema mecatrónico para la separación de envases defectuosos de vidrio mediante la lectura del número de molde”*, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en su conclusión indica que: “El diseño propuesto del sistema de inspección será capaz de detectar y procesar el número de molde de cada envase a una velocidad de producción de 100 botellas por minuto considerando la alta gama de variabilidad en la geometría y masa de los envases de vidrio deseados” (p.70).

La investigación se desarrolla en el diseño de una máquina capaz de leer el número de molde de los envases de vidrio durante la rotación a su propio eje, además posee un sistema autónomo para el rechazo de envases defectuosos, que es realizado mediante un sistema electroneumático, evitando así se los sobrecostos en pago a empresas especializadas a la supervisión. Se realizó los requerimientos mecánicos, neumáticos y eléctricos, según sus parámetros establecidos, para lograr una máquina eficiente con un alto nivel de confiabilidad, el controlador lógico programable que se aplicó en el sistema fue el PLC CPX de la marca FESTO, para el monitoreo se usó la interface SIMATIC Touch de la marca Siemens, que hará amigable la operación, ya que enviará mensajes y alertas del estado de la máquina. La investigación concluye afirmando que el sistema propuesto logrará procesar 100 botellas por minuto, además generará una confiabilidad por encima del 90% debido a la estabilidad dada por el tipo de sujeción y rotación.

**Gamarra, R & Roy P. (2016)** en su tesis denominada “*Automatización PLC’S de la línea de distribución de productos de una empresa de cosméticos*”, de la Universidad tecnológica del Perú, en su conclusión indica que: “La implementación de los tres sistemas permitió un incremento de la productividad hasta en un 24%. Se pudo reducir el tiempo de producción diaria en 1.23 horas de trabajo promedio, esto nos permite retornar la inversión de este proyecto sólo con el ahorro de 10 horas de trabajo” (p. 54).

La tesis se desarrolla en la mejora del proceso de cerrado de cajas en el área de distribución en una empresa de cosméticos, en donde este procedimiento estaba parcialmente automatizado, este funcionaba mediante un sistema electroneumático y mecanismos de fajas transportadoras, causando pérdidas económicas por pago a personal destinado a realizar tareas que no realizaba aquel el proceso, además en muchos casos el producto no pasaba el control de calidad. Al implementar el sistema de mejora se logró incrementar la productividad total en un promedio de 24 %, además se redujo en un 7% los productos devueltos por fallas detectadas por el área de control de calidad, esto se llevó a cabo instalando sensores de mayor calidad y dos MICRO PLC de la marca siemens y General Electric, encargados de gobernar a los sensores y actuadores. La implementación tuvo un costo de 6614.75 soles, teniendo en cuenta que los controladores fueron otorgados por la empresa y no fueron tomados en cuenta en el presupuesto.

#### 1.4.2. Antecedentes internacionales

Vásconez, C. (2015) en su tesis denominada: *“Diseño y construcción de una máquina mecatrónica alimentadora por fricción para etiquetado de empaques vacíos para la empresa SISMODE”*, de la Universidad de las fuerzas armadas de Ecuador, en su conclusión indica que: “Se construyó un dispensador automático por fricción de empaques vacíos para codificación por termotransferencia, flexible, con capacidad de utilizar diferentes tipos de codificación existentes, el mismo que podrá operara a una velocidad máxima de 25 paquetes por minuto para posteriormente ser codificados” (p.86).

Esta investigación afirma que el etiquetado se realizaba de forma manual, esta etiqueta es encargada de brindar información sobre número de lote, fecha de elaboración, fecha de caducidad o tiempo máximo de consumo, precio del producto entre otros, esto basado en la ley de defensa del consumidor de ecuador. En esta investigación se implementó una máquina con la capacidad de realizar esta operación de forma automatizada, por medio de un sistema autónomo. El diseño se realizó mediante una faja transportadora y un dispositivo capaz de colocar la etiqueta de forma autónoma, el control de ese proceso se realizó mediante un controlador lógico programable. La máquina se realizó utilizando diversos softwares de ingeniería, reduciendo costos destinados para el proyecto, logrando así que la máquina opere a una velocidad máxima de 25 paquetes por minuto.

**Acosta, F. & Matthey, D. (2012).** En su tesis titulada: “Diseño e implementación de un sistema de control para la automatización de una máquina envasadora en la compañía Alimentos Linomega C.A.”, de la universidad Nueva Esparta de Venezuela, en su conclusión indica:

La automatización que se desarrolló en la máquina envasadora, logro optimizar el proceso de producción de las gelatinas “Gelamor”, alcanzando una producción diaria de 2400 envases, superando las cifras anteriores de manufactura de 400 a 600 recipientes aproximadamente, lo que demuestra que la inversión realizada en el desarrolla del presente proyecto de grado, aportará a corto, mediano y largo plazo, debido a que: el sistema es eficiente; se generara gran producción en masa. (p.174)

La tesis consiste en la implementación de un sistema de control para automatizar una máquina envasadora, sustituyendo el antiguo sistema de control que fue diseñado en base a relés y contactores, pero sufría de constantes averías que eran difíciles de localizar, ya que el sistema de control era de gran envergadura, esto causaba retrasos en la producción, para optimizar el sistema se diseñó e implementó un sistema de control mediante un controlador lógico programable de la marca Moeller y así poder dejar de lado el control obsoleto, elevando la productividad y evitando constantes fallas por mantenimientos correctivos. Se logró automatizar la máquina envasadora alcanzando una producción diaria de 2400 envases superando así las 600 del sistema anterior lo cual demostró que la investigación e implementación que se realizó aportara beneficios a corto y mediano plazo.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis general

H1. La implementación de una máquina etiquetadora incrementará la productividad de botellas ovaladas en la empresa A&D Químicos y Diversos en el distrito de Puente Piedra – 2018.

H0. La implementación de una máquina etiquetadora no incrementará la productividad de botellas ovaladas en la empresa A&D Químicos y Diversos en el distrito de Puente Piedra – 2018.

### 1.5.2. Hipótesis específicas

- Al disminuir la cantidad de botellas con etiquetas mal adheridas se incrementará la productividad.
- Al disminuir la mano de obra en el área de etiquetado se reducirán los costos de producción.
- Se determinará la cantidad de botellas producidas después de la implementación.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

En un experimento, el investigador prepara deliberadamente una situación a la que son expuestos varios casos o individuos. Esta situación consiste en recibir un tratamiento, una condición o un estímulo en determinadas circunstancias, para después evaluar los efectos de la exposición o aplicación de dicho tratamiento o tal condición. Por decirlo de alguna manera, en un experimento se “construye” una realidad. (Hernández, Collado & Baptista, 2014, p.152)

En cambio, en un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. (Hernández, Collado & Baptista, 2014, p.152)

El tipo de investigación es no experimental, ya que se realizaron cálculos y diseños para obtener un resultado, y así lograr el incremento de la productividad de botellas ovaladas, mediante la implementación de la máquina etiquetadora en las instalaciones de la empresa A&D Químicos y Diversos S.A.

## **2.2. Materiales, instrumentos y métodos**

### **2.2.1. Materiales**

En esta investigación se implementó una máquina etiquetadora en el área de etiquetado de botellas ovaladas de lavavajilla, para esto se seleccionaron dos motorreductores, utilizados en el accionamiento de la banda transportadora y en el mecanismo de etiquetado; así también se usó un controlador lógico programable con una interface hombre – máquina, encargados del gobierno y el monitoreo; en el sistema eléctrico se utilizaron una fuente de 24 v, una llave termomagnética, tres pulsadores y 2 indicadores; la estructura de la máquina fue fabricada en acero inoxidable AISI 304, los ejes principales en acero 1018 y los ejes guía en aluminio 6061; por último se necesitó de un ordenador para la programación del autómatas y de la interface, además este equipo se utilizó para realizar el diseño mecánico de la máquina en el software de ingeniería Autodesk Inventor.

### **2.2.2. Instrumentos**

En la detección de botellas se utilizó un sensor fotoeléctrico difuso reflexivo, el cual se encarga de enviar un pulso al controlador para activar al motor del mecanismo de etiquetado; además se utilizó sensor fotoeléctrico emisor receptor tipo “U”, encargado de detectar la separación que existe entre etiquetas para de esta forma realizar el correcto etiquetado.

### 2.2.3. Métodos

La máquina etiquetadora se encarga de realizar el etiquetado a las botellas ovalas de forma continua, esto se realiza mediante una banda transportadora, que se encarga de alimentar de botellas al sistema; posteriormente las botellas son llevadas hacia el mecanismo de etiquetado, este mecanismo es accionado por dos sensores.

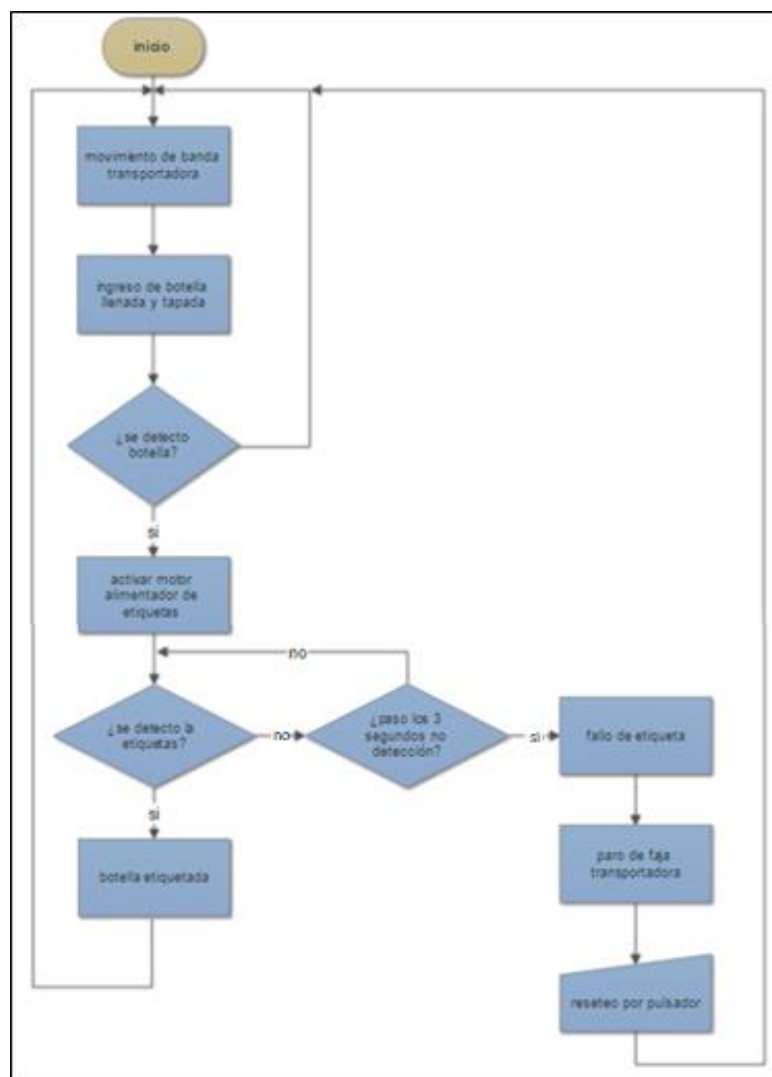


Figura 1. Diagrama de flujo de la máquina etiquetadora.

El diagrama de flujo de la máquina etiquetadora, muestra la secuencia de funcionamiento de la máquina, determinando las decisiones que toma el controlador lógico programable, esto permite un correcto y óptimo funcionamiento. Fuente: elaboración propia.





*Figura 2.* Máquina etiquetadora en funcionamiento.

El funcionamiento de la máquina etiquetadora se inicia al activar el sensor 2, ya que este envía una señal hacia el controlador que permite dar inicio a la lógica y lograr el etiquetado Fuente: Elaboración propia.



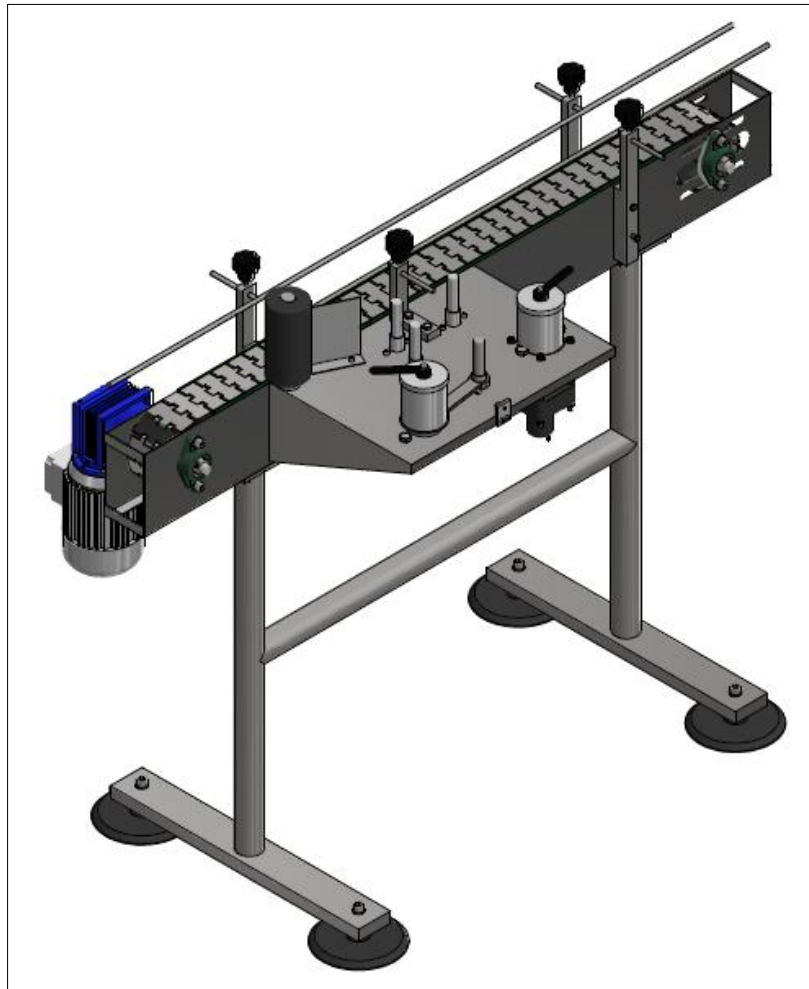
*Figura 3.* Máquina etiquetadora en operación.

En la imagen se muestra el instante en donde la botella está siendo etiquetada, este proceso se realiza de forma continua, ya que la banda transportadora está en constante movimiento. Elaboración propia.

## 2.3. Desarrollo de la aplicación

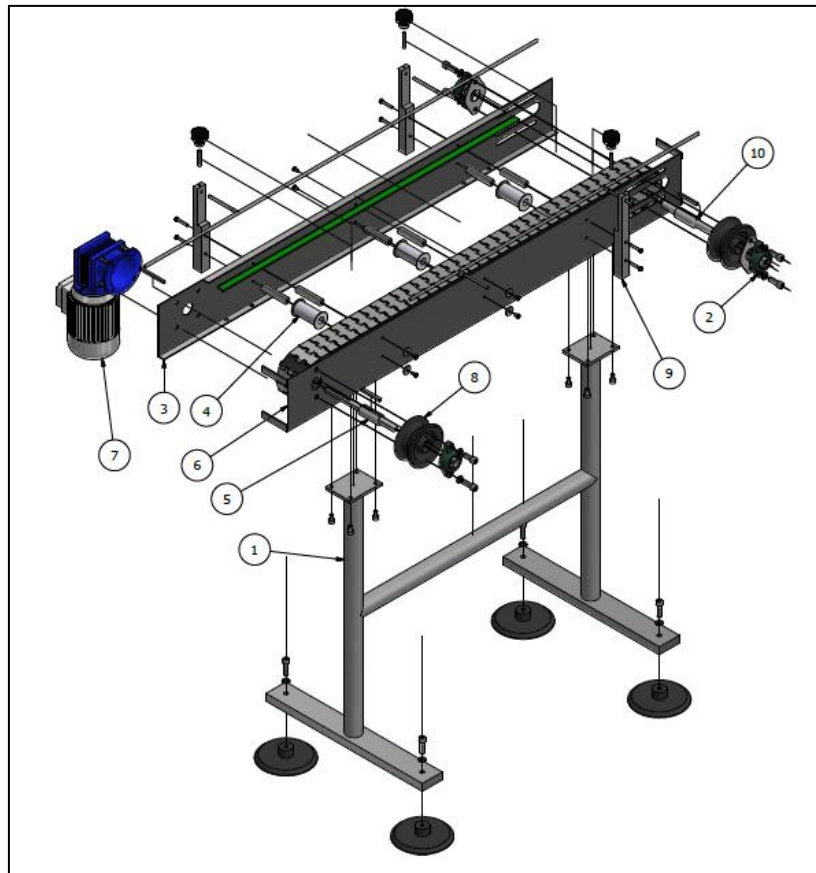
### 2.3.1. Diseño mecánico de la máquina etiquetadora.

En la figura 4 se presenta el diseño la máquina etiquetadora, esta consta de la banda transportadora y del mecanismo de etiquetado, las medidas generales de esta son 1500 mm de largo, 280 mm de ancho y 1200 mm; las partes principales están fabricados en acero inoxidable AISI 304. Los planos en explosión se detallan en el ANEXO n°1 y n°2.



*Figura 4.* Vista isométrica de la máquina etiquetadora.

En la vista isométrica de la maquina etiquetadora, se muestra el montaje final de la banda transportadora y del mecanismo de etiquetado, este diseño se realizó en el software de ingeniería autodesk inventor professional. Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 5.* Partes principales de la banda transportadora.

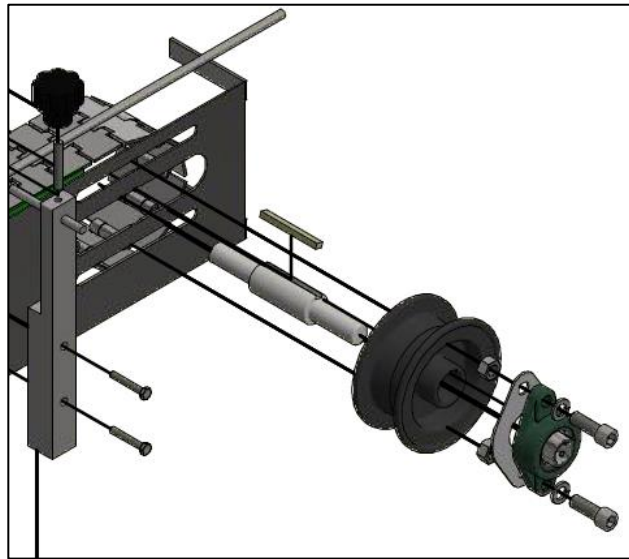
La banda transportadora fue diseñada en el software de ingeniería autodesk inventor professional, los materiales de fabricación a destacar son el acero inoxidable AISI 1018 y el aluminio 6061. Fuente: Elaboración Propia.

La figura 5 se muestra el despiece de la banda transportadora indicando las partes más importantes de esta, el material de fabricación que predomina es el acero inoxidable AISI 1018, en el ANEXO n°1 se muestra el plano en explosión a detalle.

Las partes indicadas son:

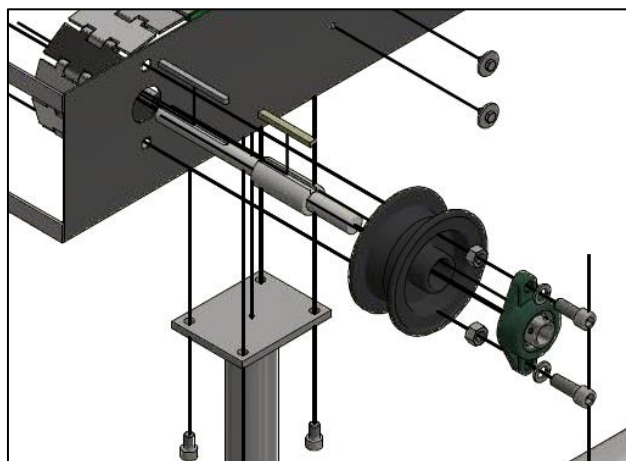
1. Base de máquina.
2. Chumacera SKF E2.YAR 204 – 2F.
3. Chasis 1.
4. Polín de unión.
5. Eje motriz.

6. Chasis 2.
7. Motorreductor de 0.18 KW - 15: 1.
8. Polea de arrastre.
9. Soporte de baranda.
10. Eje conducido.



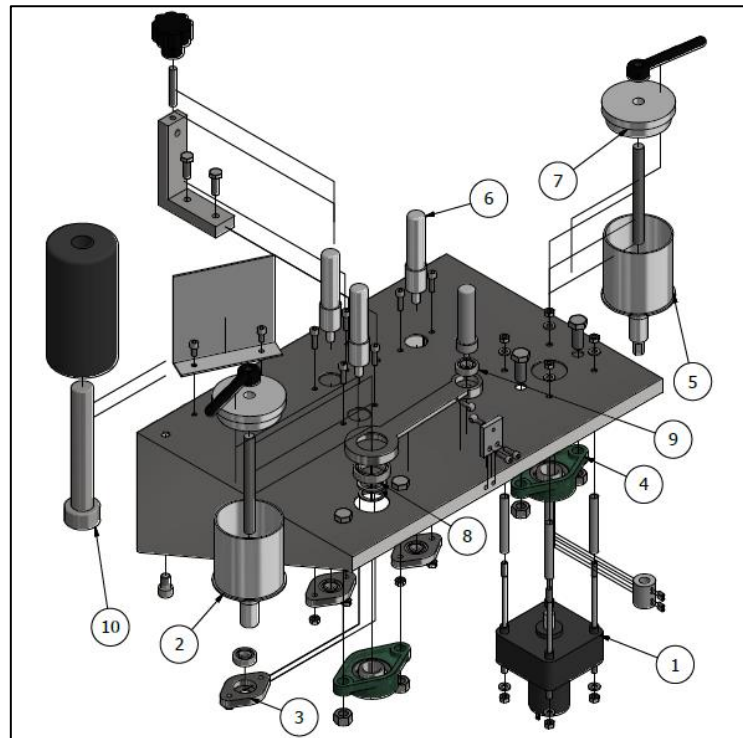
*Figura 6.* Despiece de eje conducido de la banda transportadora.

En el despiece del eje conducido de la banda transportadora, se detalla la posición de la chaveta respecto a la polea de arrastre y al eje conducido que fue fabricado en aluminio 6061. Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 7.* Despiece del eje motriz de la banda transportadora.

En el despiece del eje motriz de la banda transportadora, se detalla la posición de las chavetas respecto a la polea de arrastre y al eje motriz que fue fabricado en aluminio 6061. Fuente: Elaboración Propia.



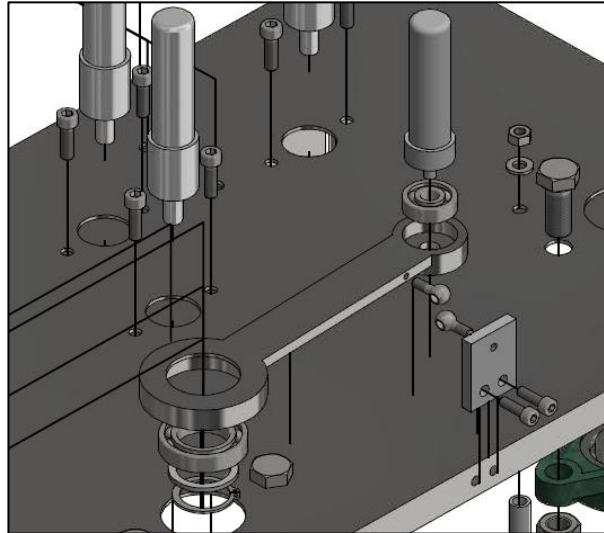
*Figura 8.* Partes principales del mecanismo de etiquetado.

El mecanismo de etiquetado fue diseñado en el software de ingeniería autodesk inventor professional, los materiales de fabricación a destacar son el acero inoxidable AISI 1018 y el aluminio 6061. Fuente: Elaboración Propia.

La figura 8 se muestra el despiece del mecanismo de etiquetado indicando las partes más importantes de esta, los materiales de fabricación que predominan son el acero inoxidable AISI 1018 y el Aluminio 6061, en el ANEXO n°2 se muestra el plano en explosión a detalle. Las partes indicadas son:

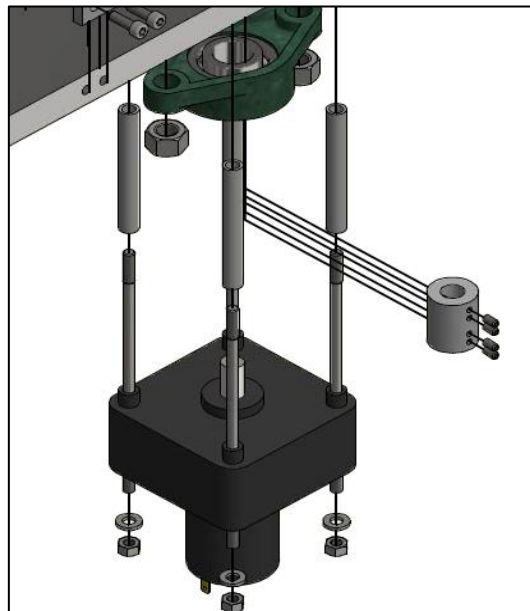
1. Motorreductor 24V DC 100:1
2. Eje 1.
3. Base para rodamiento 629.
4. Chumacera SKF E2.YAR 204 – 2F.
5. Eje 2.
6. Eje guía de etiquetas.
7. Tapa de ejes.

8. Rodamiento CSN 024640 – SKF 61905 – 2RZ.
9. Rodamiento SKF 2RS1629 – 2RS1.
10. Eje para espuma de EVA.



*Figura 9.* Despiece del tensor de etiquetas.

El despiece del tensor de etiquetas muestra los rodamientos “SKF 2RS1629 – 2RS1” y el “SKF 61905 – 2RZ”, estos son encargados de darle movimiento al eje 1 y al eje guía de tensor. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 10.* Despiece de motorreductor del mecanismo de etiquetado.

En motorreductor de 24V DC del modelo “LYNX RS – 545SH 18150” es montado a la estructura por medio de ejes de acero inoxidable AISI 304, este componente permite alimentar de etiquetas a la máquina. Fuente: Elaboración propia.

## 2.3.2. Selección de motores de la máquina etiquetadora.

### 2.3.2.1. Selección del motor eléctrico de la banda transportadora.

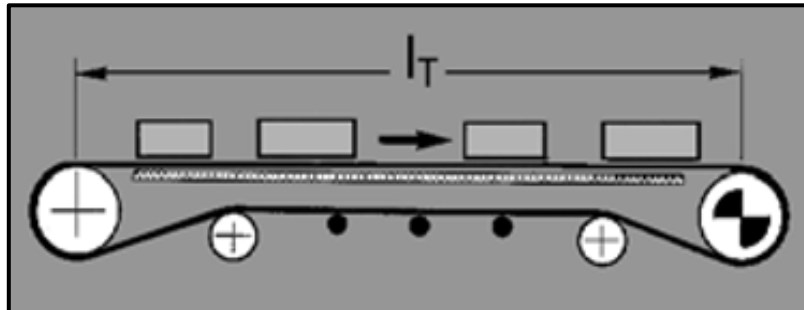


Figura 11. Modelo a emplear.

En la figura se muestra el modelo utilizado de la banda transportadora a utilizar, ya que este mecanismo cuenta con menos partes en movimiento y de menor dificultad en el diseño. Fuente: Forbo (2013). Siegling transfiel, Cálculo de la banda transportadora. (p.3)

Para determinar la fuerza tangencial máxima en el mecanismo encargado del abastecimiento de botellas, Forbo (2013, p.3) establece la siguiente formula:

$$F_U = \mu_T \cdot g \cdot \left(m + \frac{m_B}{2}\right) + \mu_R \cdot g \left(\frac{m_B}{2} + m_R\right)$$

(Ec. 1) Fuerza tangencial máxima.

Dónde:

- $F_U$  Fuerza Tangencial máxima [N].
- $\mu_T$  Coeficiente de fricción para marcha sobre mesa.
- $\mu_R$  Coeficiente de fricción sobre marcha en rodillo.
- $m_B$  Masa de la banda transportadora [Kg].
- $m_R$  Masa de todos los tambores excepto el motriz [Kg]
- $g$  Aceleración de la gravedad [ $m/s^2$ ].
- $m$  Masa de la mercancía en toda la transportadora

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, V5H, V10H
$\mu_T$ (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
$\mu_R$ (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
$\mu_{ST}$ (acumulación)	0,33	0,33	0,5	0,5

Figura 12. Coeficientes de fricción.

Los coeficientes de fricción que establece el autor detallan las constantes para cada material, esto permite calcular con mayor precisión la fuerza tangencial máxima. Fuente: Forbo (2013). Siegling transílon, Cálculo de la banda transportadora. (p.4)

- P Poliamida

El material del perfil guía-cadena es de Polietileno, al no tener el coeficiente de fricción para marcha sobre mesa el asume el dato mayor.

$$u_T = 0.5$$

$$u_R = 0.033$$

La máxima capacidad de la máquina etiquetadora es de 15 botellas llenadas y tapadas, cada una con una masa de 1.040 kg, que hace un total de:

$$m = 15.510 \text{ kg}$$

La masa de la cadena recta de bisagra simple de acero inoxidable es de:

$$m_B = 12.800 \text{ kg}$$

La masa de todos de los tambores excepto del motriz fue de:

$$m_R = 1.950 \text{ kg}$$

Aplicando la ecuación 1:

$$F_U = (0.5)(9.81) \left( 15.510 + \frac{12.800}{2} \right) + (0.033)(9.81) \left( \frac{12.800}{2} + 1.950 \right)$$

$$F_U = 110.17 \text{ [N]}$$



Para determinar la potencia mecánica en el tambor motriz del mecanismo encargado del abastecimiento de botellas, Forbo (2013, p.5) establece la siguiente formula:

$$P_A = \frac{F_U \cdot V}{1000} [KW]$$

(Ec. 2) Potencia mecánica en el tambor motriz.

Dónde:

- $P_A$  Potencia mecánica en el tambor motriz [KW] .
- $V$  Velocidad de la banda transportadora [ $m/s$ ].

Se estableció la velocidad máxima de trabajo en el mecanismo encargado del abastecimiento de botellas en  $900 \text{ mm/s}$  o de  $0.9 \text{ m/s}$ , el cual se considera como la máxima velocidad para el óptimo funcionamiento de la máquina etiquetadora.

Aplicando la ecuación 2:

$$P_A = \frac{(110.17)(0.9)}{1000} = 0.099 [KW]$$

Utilizamos la siguiente ecuación para determinar la potencia mecánica del motor del motor:

$$P_M = \frac{P_A}{\eta} = [KW]$$

(Ec. 3) Potencia mecánica en el tambor motriz.

Dónde:

- $P_M$  Potencia mecánica del motor [KW].
- $\eta$  Eficiencia de accionamiento.

Aplicando la ecuación 3:

$$P_M = \frac{0.099}{0.6} = 0.165 \text{ [KW]}$$

Se determinó que la potencia requerida para el accionamiento de la máquina etiquetadora es de 0.165 [KW]. Ante este requerimiento se seleccionó el motor eléctrico TS63B4 de la marca MOTOVARIO, este tiene una potencia nominal de 0.18 KW y una velocidad de 1330 rpm a 50 HZ, esto se detalla en la figura 13.

Para determinar la velocidad a 60 HZ se aplicó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{f \cdot 120}{P}$$

(Ec. 4) Número de revoluciones por minuto del motor.

Donde:

- $n$  Numero de revoluciones por minuto del motor [RPM].
- $f$  Frecuencia [HZ].
- $P$  Numero de polos magneticos.

Aplicando la ecuación 4:

$$n = \frac{(60)(120)}{4}$$

$$n = 1800$$

Se obtuvo que el número de revoluciones por minuto del motor a 60 Hz es 1800 [RPM].

P <sub>n</sub> [kW]	Tam.	n <sub>n</sub> [rpm]	I <sub>n</sub> [A]	M <sub>n</sub> [Nm]	η <sub>in</sub> % (4/4) limit	η <sub>in</sub> % (4/4)	η <sub>in</sub> % (3/4)	η <sub>in</sub> % (2/4)	cosφ <sub>n</sub>	M <sub>i</sub> M <sub>n</sub>	I <sub>i</sub> I <sub>n</sub>	M <sub>max</sub> M <sub>n</sub>	10 <sup>-4</sup> ×Kg <sub>m</sub> <sup>2</sup>		Kg		Z <sub>0</sub> [10 <sup>3</sup> ×1/h]	M <sub>B</sub> [Nm]	
													τ T	τ TB	τ T	τ TB			
0,09	56B4	1250	0,42	0,68	-	-	45,4	43,4	-	0,66	2,0	2,2	2,1	1,5	-	3,1	-	-	-
0,12	63A4	1340	0,48	0,86	-	-	54,6	52,9	-	0,66	2,4	2,8	2,3	2,4	3,0	3,6	5,1	12,5	1,8
0,18	63B4	1330	0,67	1,29	-	-	57,2	54,9	-	0,68	2,3	2,8	2,2	2,8	3,4	4,1	5,6	12,5	3,5
0,22	63C4	1330	0,87	1,58	-	-	57,3	58,1	-	0,64	2,2	2,6	2,2	2,8	3,4	4,2	5,7	10,0	3,5
0,25	63D4	1320	0,83	1,81	-	-	62,4	62,9	-	0,69	2,3	2,9	2,2	3,6	4,2	4,9	6,4	10,0	3,5
0,25	71A4	1390	0,79	1,72	-	-	62,3	61,9	-	0,73	2,3	3,7	2,3	7,8	8,9	5,4	7,5	10,0	5,0
0,37	71B4	1380	1,09	2,56	-	-	66,1	65,3	-	0,74	2,3	3,7	2,3	8,8	9,9	6,0	8,2	10,0	7,5
0,55	71C4	1370	1,50	3,83	-	-	68,7	68,6	-	0,77	2,3	3,8	2,2	11,0	12,1	7,2	9,4	8,0	7,5
0,55	80A4	1400	1,48	3,75	-	-	69,8	69,3	-	0,77	2,3	4,3	2,5	20,8	22,4	8,4	11,9	8,0	10,0
0,75	80B4	1400	1,92	5,12	IE1	72,1	72,1	71,3	-	0,78	2,4	4,6	2,6	25,4	27,0	9,9	13,4	7,1	15,0
0,92	80C4	1400	2,34	6,28	IE1	73,7	73,7	72,9	-	0,77	2,4	4,4	2,5	25,4	27,0	10,0	13,5	5,0	15,0
1,10	80D4	1410	2,64	7,45	IE1	75,0	75,1	75,5	-	0,80	2,7	4,8	2,8	29,9	31,5	11,4	14,9	5,0	15,0

Figura 13. Datos técnicos del motor eléctrico.

La figura muestra la selección del motor eléctrico TS63B4 de la marca Motovario, este tiene una potencia de 0.18 kW y una velocidad de 1800 RPM a 60 Hz. Fuente: Motovario (2017). Motores eléctricos, standard EIC. (p.79)

### 2.3.2.2. Selección del reductor de velocidad de la banda transportadora.

Se estableció la velocidad máxima de la banda transportadora en 0.9 m/s, el diámetro de la polea motriz es de 0.136 m, Mediante la siguiente ecuación se obtendrá el valor de velocidad en revoluciones por minuto [RPM]:

$$v = w \cdot r$$

(Ec. 5) Velocidad lineal.

Dónde:

- $v$  velocidad lineal [ $m/s$ ].
- $w$  velocidad angular [ $rad/s$ ]
- $r$  radio [ $m$ ]

Aplicando la ecuacion 5:

$$0.9 = (w)(0.068)$$

$$w = 0.9/0.068$$

$$w = 13.235 \text{ rad/s}$$

Convirtiendo a revoluciones por minuto [RPM]:

$$13.235 \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) \left( \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \right) \left( \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right)$$

$$126.385 \text{ [RPM]}$$

Se establecio la velocidad en 130 [RPM]

La velocidad maxima requerida en la banda transportadora se calculo en 130 RPM, teniendo como dato la velocidad del motor electrico de 1800 RPM se hallo la relacion de transmisión del reductor mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{n_{motor}}{n_{reductor}}$$

(Ec. 6) Relación de transmisión.

Dónde:

- $i$  Relación de transmisión.
- $n_{motor}$  Numero de revoluciones de motor [RPM].
- $n_{reductor}$  Número de revoluciones de reductor [RPM].

Aplicando la ecuación 6:

$$i = \frac{1800}{130}$$

$$i = 13.846$$

0,18 kW								
n2 [rpm]	M2 [Nm]	fs	i	Reductor	Tamaño	Motor	Polos	Fr2 [N]
90,0	16	2,6	10,00	NMRV040	71A		6	1677
89,0	15	1,2	15,00	NMRV030	63B		4	861
89,0	16	2,6	15,00	NMRV040	63B		4	1657
70,0	18	1,7	40,00	NMRV040	63A		2	1824
70,0	18	2,9	40,00	NMRV050	63A		2	2503
67,0	20	2,0	20,00	NMRV040	63B		4	1824
60,0	23	1,9	15,00	NMRV040	71A		6	1920
56,0	21	1,3	50,00	NMRV040	63A		2	1964
56,0	21	2,3	50,00	NMRV050	63A		2	2696
53,0	25	1,5	25,00	NMRV040	63B		4	1964
47,0	24	1,1	60,00	NMRV040	63A		2	2087
47,0	25	1,9	60,00	NMRV050	63A		2	2865

Figura 14. Datos técnicos del reductor de velocidad.

La figura muestra la selección del motorreductor del modelo NMR040 de la marca Motovario con una relación de transmisión de 15.00y una potencia admisible de 0.18 KW Fuente: Motovario (2017). Motorreductores de tornillo sin fin, standard IEC. (p.68)

### 2.3.2.3. Selección del motorreductor del mecanismo de etiquetado.

Para seleccionar el motorreductor encargado de accionar el eje motriz, se tuvo que calcular las fuerzas que intervienen en el mecanismo. En la figura 15 se muestra la vista superior del mecanismo en donde se detalla los ángulos y las masas del eje motriz y conducido.

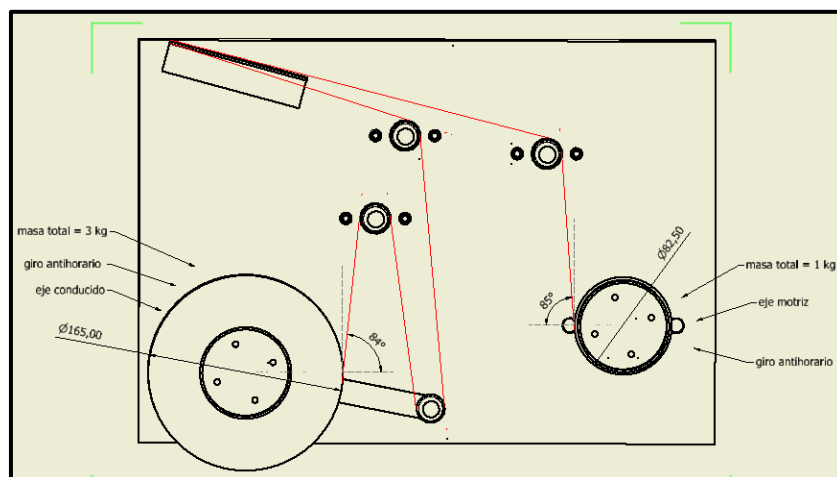


Figura 15. Vista superior del mecanismo del sistema de etiquetado.

La vista superior del mecanismo del sistema de etiquetado, se utilizó para descomponer y determinar las fuerzas que intervienen en el mecanismo, esto permite determinar la potencia requerida para su accionamiento. Fuente: Elaboración propia.

Se estableció la velocidad máxima del mecanismo de etiquetado en 60 RPM, para determinar la velocidad angular se realizó la siguiente conversión:

$$60 \left( \frac{rev}{min} \right) \times 2\pi \left( \frac{rad}{rev} \right) \times \left( \frac{1 min}{60 s} \right)$$

$$entonces \rightarrow w = 2\pi \frac{rad}{s}$$

$$w = 6.283 \frac{rad}{s}$$

- Para determinar la velocidad lineal se utilizó la siguiente ecuación:

$$v_l = w \cdot r$$

(Ec. 7) Velocidad lineal.

Dónde:

- $v_l$  Velocidad lineal [ $m/s$ ].
- $w$  Velocidad angular [ $rad/s$ ].
- $r$  Radio [ $m$ ].

Aplicando la ecuación 7:

$$v_l = 6.283 \times 0.04125$$

$$v_l = 0.259 m/s$$

Para determinar el toque que existe el eje conducido se aplicó la siguiente ecuación:

$$\sum T = I \times a$$

(Ec. 8) Sumatoria de toques.

Dónde:

- $T$  Torque [ $N.m$ ].
- $I$  Inercia [ $Kg.m^2$ ].
- $a$  aceleración angular [ $m/s^2$ ].

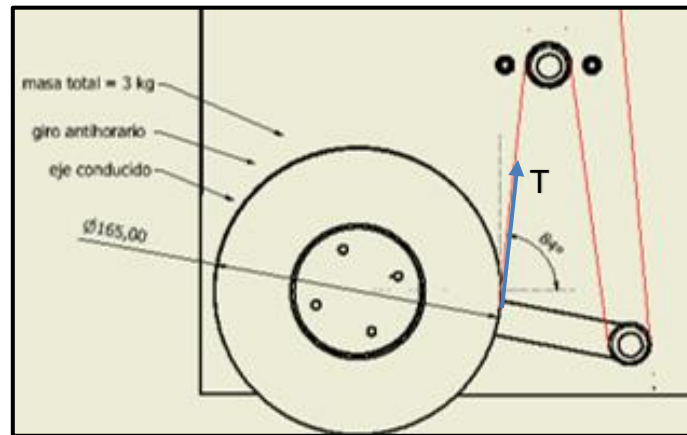


Figura 16. Eje conducido.

La figura indica la dirección del torque en el eje conducido, este se establece a  $84^\circ$ , posee un sentido de giro antihorario, con una masa máxima en el eje es de 3 kg. Fuente: Elaboración propia.

$$\sum T = I_{eje1} \times a$$

(Ec. 9) Sumatoria de toques en eje conducido.

$$I_{eje1} = \frac{1}{2} \times m \times r^2$$

Donde:

- $I_{eje1}$  Inercia del eje conducido [ $Kg.m^2$ ].
- $m$  Masa. [ $Kg$ ]

Aplicando la ecuación 9:

$$T_{sen 84^\circ} \times 0.0825 = (I_{eje1}) \times 6.283$$

$$T_{\text{sen } 84^\circ} \times 0.0825 = \left( \frac{1}{2} \times 3 \times 0.0825^2 \right) \times 6.283$$

$$T_{\text{sen } 84^\circ} \times 0.0825 = 0.0102 \times 6.283$$

$$T_{\text{sen } 84^\circ} = \frac{0.0102 \times 6.283}{0.0825}$$

$$T = \frac{0.777}{0.995}$$

$$T = 0.781 \text{ N.m}$$

El torque generado en el eje conducido es de 0.781 N.m

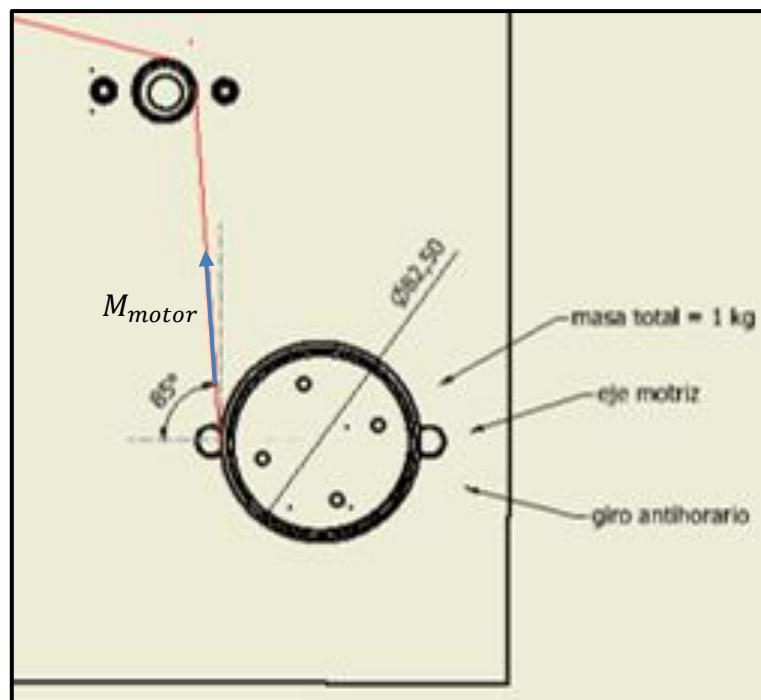


Figura 17. Eje motriz.

La figura indica la dirección del torque en el eje motriz, este se establece a 84°, posee un sentido de giro antihorario, con una masa máxima en el eje es de 1 kg. Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el torque que existe en el eje motriz se aplicó la siguiente ecuación:

$$\sum T = I_{\text{eje2}} \times a$$

(Ec. 10) sumatoria de toques en eje motriz.



Donde:

- $I_{eje2}$  Inercia del eje motriz [ $Kg.m^2$ ].

Aplicando la ecuación 10:

$$M_{motor} - T \text{sen } 85^\circ = I_{eje2} \times 6.283$$

$$M_{motor} - T \text{sen } 85^\circ = \left(\frac{1}{2} \times 1 \times 0.04125^2\right) \times 6.283$$

Se reemplazó el torque generado en el eje conducido es de 0.781  $N.m$  en la ecuación:

$$M_{motor} - (0.781) \text{sen } 85^\circ = (8.508 \times 10^{-4}) \times 6.283$$

$$M_{motor} - (0.781) \text{sen } 85^\circ = 5.346 \times 10^{-3}$$

$$M_{motor} - (0.781)(0.996) = 5.346 \times 10^{-3}$$

$$M_{motor} = 5.346 \times 10^{-3} + 0.778$$

$$M_{motor} = 0.783 \text{ N.m}$$

El torque mínimo necesario para el accionamiento del mecanismo de abastecimiento de etiquetas de la maquina etiquetadora es de 0.783  $N.m$ .

Tabla 1

*Especificaciones técnicas del motorreductor de accionamiento.*

Motorreductor de accionamiento	
Marca	LYNX
Modelo del motor	RS-545SH 18150
Relación de transmisión	100:1
Voltaje de operación	24V DC
Velocidad de salida	60 RPM
Torque del motor	2 N.m

En la figura se detalla las especificaciones técnicas del motorreductor de accionamiento del mecanismo de etiquetado. Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.3. Sistema eléctrico de la máquina etiquetadora.

En la figura 18 se muestra el esquema eléctrico de fuerza de la máquina etiquetadora, esta cuenta de un arranque directo de un motor trifásico de 220 VAC, por medio de un variador de velocidad y de un accionamiento de un motor eléctrico de 24 VDC.

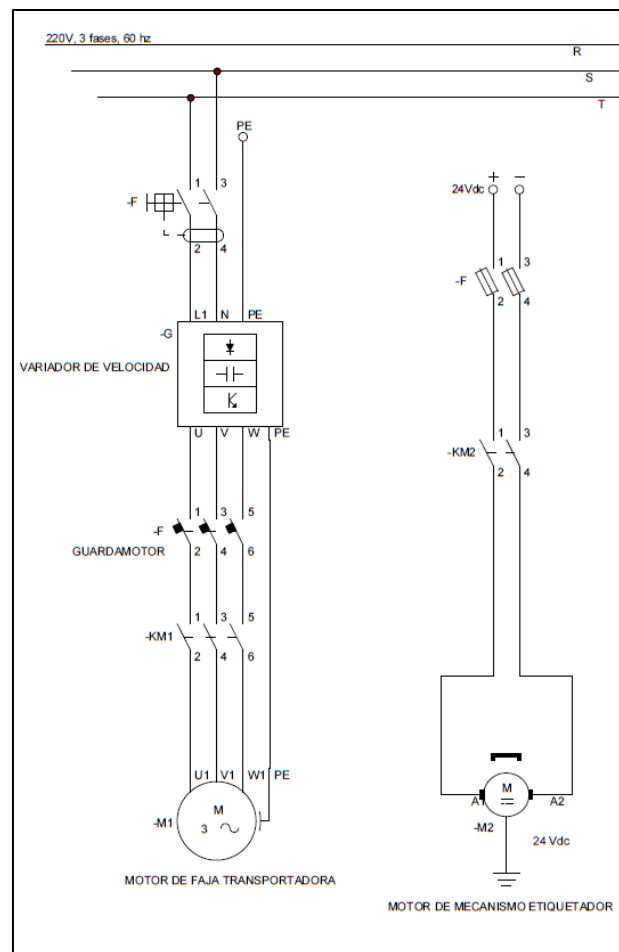


Figura 18. Esquema eléctrico de fuerza de la máquina etiquetadora.

Los motores de la máquina etiquetadora son accionados con 220 VAC y 24 VDC, es sistema cuenta con un guardamotor, variador de velocidad, fusibles de seguridad, llave termomagnética y un contactor, esto permite tener un correcto funcionamiento del sistema eléctrico de fuerza. Fuente: Elaboración propia.

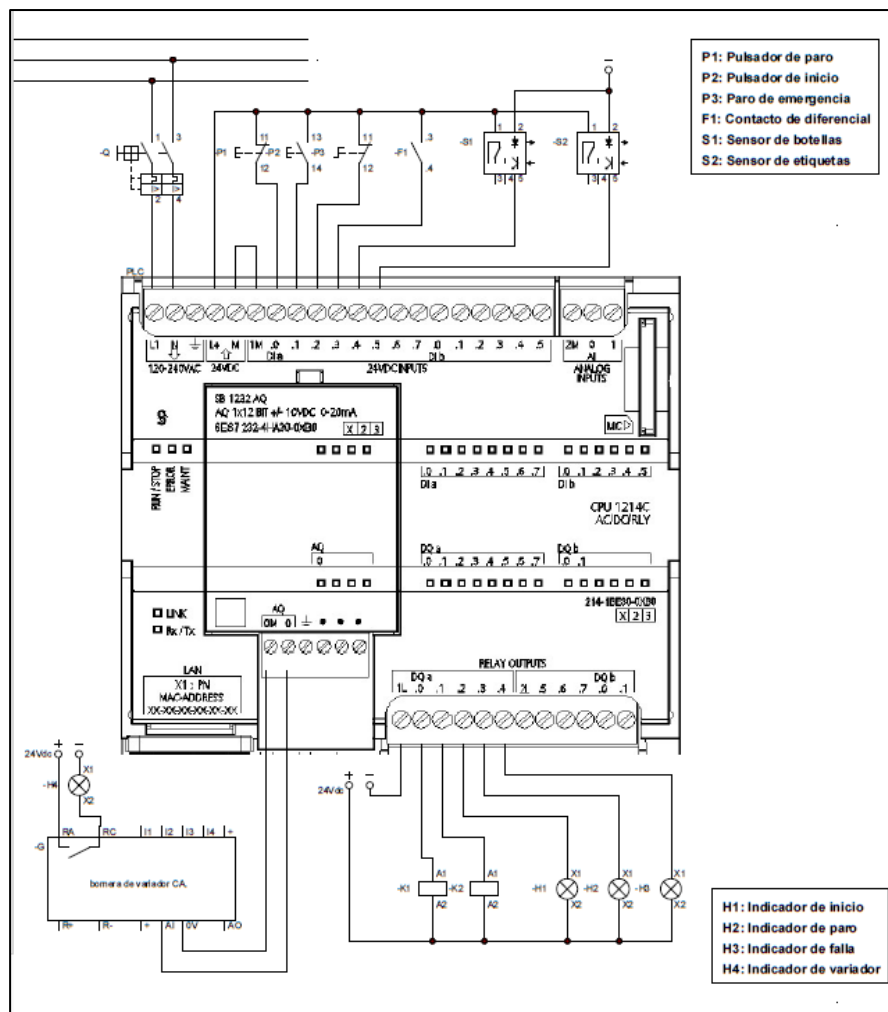


Figura 19. Esquema eléctrico de mando de la máquina etiquetadora.

En la figura 19 se detalla el esquema eléctrico de mando de la máquina etiquetadora, el cual se muestra la las direcciones de cada sensor, pulsador, bonina e indicadores en cada entrada y salida del controlador lógico programable. Fuente: Elaboración propia.

Para poder detectar la separación que existe entre las etiquetas, se seleccionó el sensor fotoeléctrico tipo “U” SU07 de la marca Riko, ya que cuenta con una elevada precisión de detección y con un alto nivel de respuesta.



*Figura 20.* Sensor fotoeléctrico tipo “U”.

El sensor fotoeléctrico que se utilizó fue el de tipo “U” de la marca RIKO, del modelo SU07 - PNP, este sensor posee una distancia de detección de 7 mm, con un consumo de corriente de 18 mA. Fuente: Elaboración propia.

Para poder detectar el paso de botellas de lavavajilla por la banda transportadora y accionar al mecanismo de etiquetado, se seleccionó el sensor fotoeléctrico láser de la marca Omron del modelo E3Z-LL8 2M.



*Figura 21.* Sensor fotoeléctrico láser.

El sensor fotoeléctrico que se utilizó fue fotoeléctrico láser de la marca Omron, del modelo E3Z – LL8 2M, este sensor posee una distancia de detección de 20 mm a 100 mm, con un consumo de corriente de 30 mA. Max. Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.4. Sistema de control de la maquina etiquetadora.

#### 2.3.4.1. Designación del controlador lógico programable.

En el control de la máquina etiquetadora se utilizó el controlador lógico programable s7-1200 de la marca Siemens, las especificaciones se muestran en la tabla 2. Este posee una fuente interna de 24 Vdc utilizado para las E/S digitales, además cuenta con dos entradas analógicas “IW64” y “IW66”, también se incluyó una signal boards que trabaja de 0 a 10 Vdc para así obtener la salida analógica QW80, que será utilizado para el control del variador de velocidad.

Tabla 2

*Especificaciones técnicas del controlador lógico programable.*

Controlador lógico programable S7 1200	
Marca	Siemens
Controlador	SIMATIC S7-1200
Dispositivo	S7 1200 CPU 1212C AC/DC/RLY
Memoria de trabajo	25 KB
Fuente de alimentación	120/240V AC
Consumo de corriente	30 mA
Signal Board	AQ 1x12BIT (6ES7 232-4HA30-0XB0)
Entradas digitales	DI8 x 24V DC
Salidas digitales	DQ6 x relé
Entradas analógicas	AI2 integradas
Salidas analógicas	1 AQ
Contadores rápidos	4 (ampliables con Signal Board digital)
Puerto de comunicación	Profinet

El controlador lógico programable S7 1200 CPU AC/DC/RLY de la marca siemens, fue utilizado para el gobierno de la máquina etiquetadora. Se utilizaron 6 entradas y 5 salidas digitales, además se usó una salida análoga utilizado en el control del variador de velocidad. Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.4.2. Programación de la maquina etiquetadora

Para facilitar la programación se realizó un diagrama funcional GRAFCET, esto se utiliza para describir u organizar los procesos a automatizar de forma simple y sistemática estableciendo con detalle la lógica de la programación.

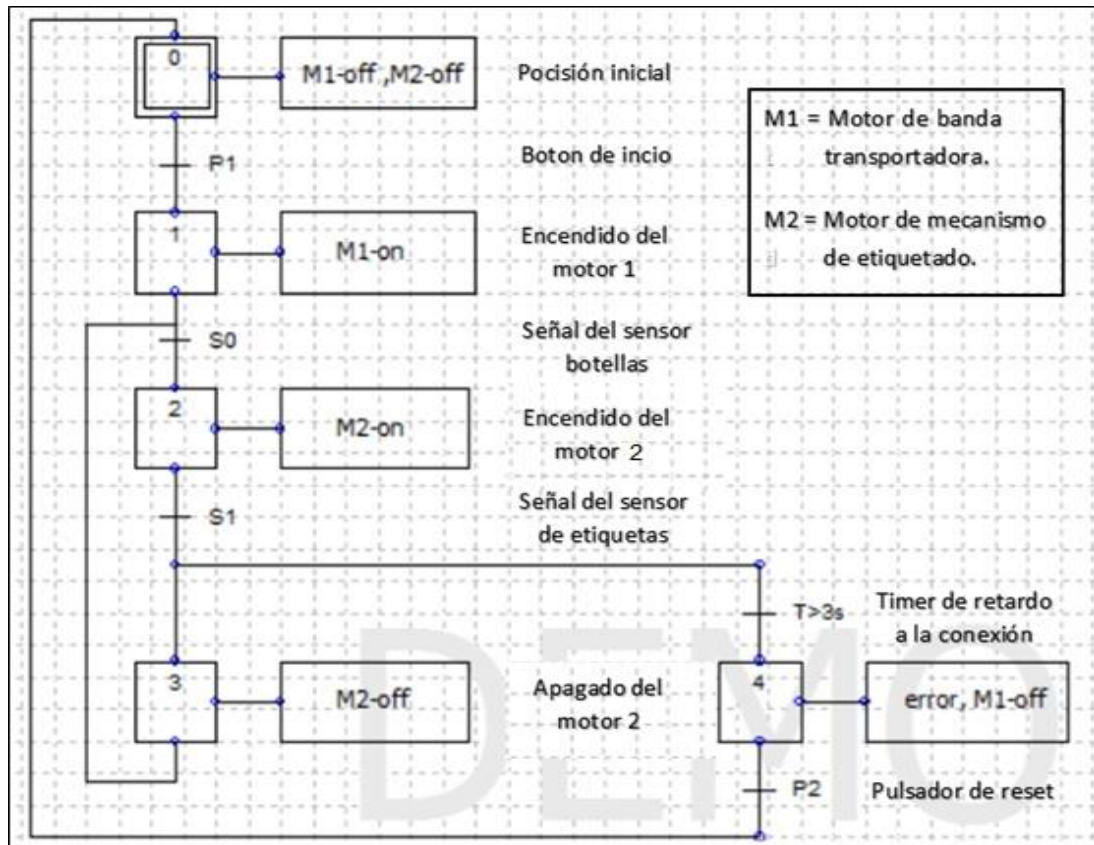


Figura 22. Diagrama funcional GRAFCET de la máquina etiquetadora.

El diagrama GRAFCET de la máquina etiquetadora detalla la secuencia de funcionamiento del controlador lógico programable, permitiendo la toma de decisiones del autómata, además se muestra las señales de error. Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.4.3. Configuración de la interface hombre – máquina.

Para el monitoreo de la máquina etiquetadora se utilizó la interface hombre-máquina KTP 600 Basic de la marca Siemens, las especificaciones técnicas se muestran en la tabla 3. Este dispositivo será capaz de modificar las variables de velocidad de la banda transportadora, establecer un límite de producción, además se podrá observar posibles fallas del sistema.

Tabla 3

*Especificaciones técnicas de la interface hombre-máquina.*

Interface hombre-máquina KTP600	
Marca	Siemens
Dispositivo	KTP600 Basic color PN
Referencia	6AV6 647-0AD11-3AX0
Consumo típico	9 W
Pantalla	5.7” TFT, 320 x 240 pixeles
Colores	256
Manejo	Táctil o con teclado
Teclas de función	6
Puerto de comunicación	1 x Profinet

La interface hombre – máquina KTP600 Basic color PN cuenta con una interface de comunicación Profinet que permite realizar el enlace con el autómat, mediante este componente es posible realizar el monitoreo y control de la máquina etiquetadora. Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la estructura de las imágenes para la interface, la imagen principal es la “raíz” que da acceso a las imágenes “información del sistema” y “configuración de la máquina” este último activa la imagen “mantenimiento” y “velocidad”. Esto se observa en la figura 23.

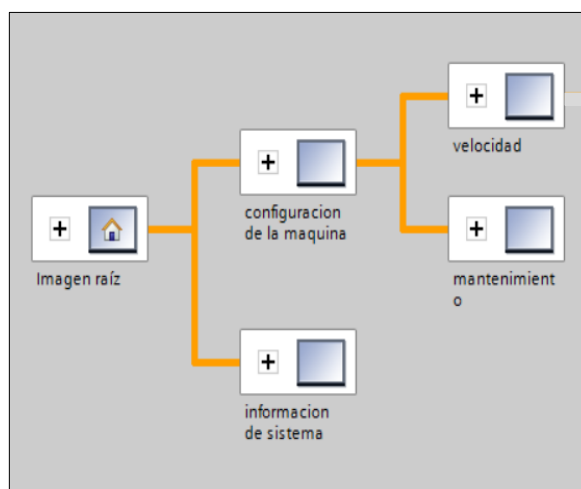


Figura 23. Configuración de las imágenes de la interface hombre-máquina.

Las imágenes de la interface hombre – máquina, permite monitorear y observar las variables del autómat. Las imágenes diseñadas son “imagen raíz”, “configuración de la máquina”, “velocidad”, “mantenimiento”, e “información de sistema”. Fuente: Elaboración propia.



Figura 24. Imagen raíz.

En la imagen raíz se muestra los accesos a las imágenes “configuración de máquina” e “información de la máquina”, además se observa el logotipo de la empresa y el nombre del supervisor del área. Fuente: Elaboración propia.

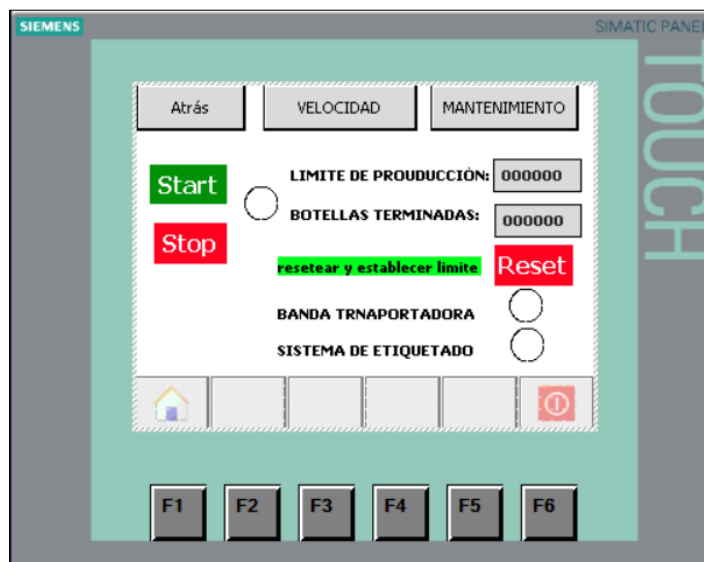


Figura 25. Imagen “Configuración de la máquina”.

En la imagen configuración de la máquina se muestra los accesos a las imágenes “velocidad” y “mantenimiento”. Esta imagen permite dar límite de botellas y se observa la señalización del estado de la máquina. Fuente: Elaboración propia.



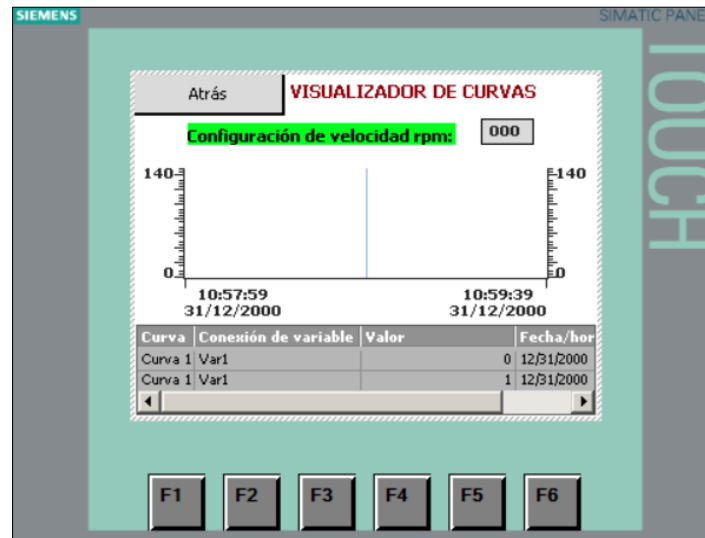


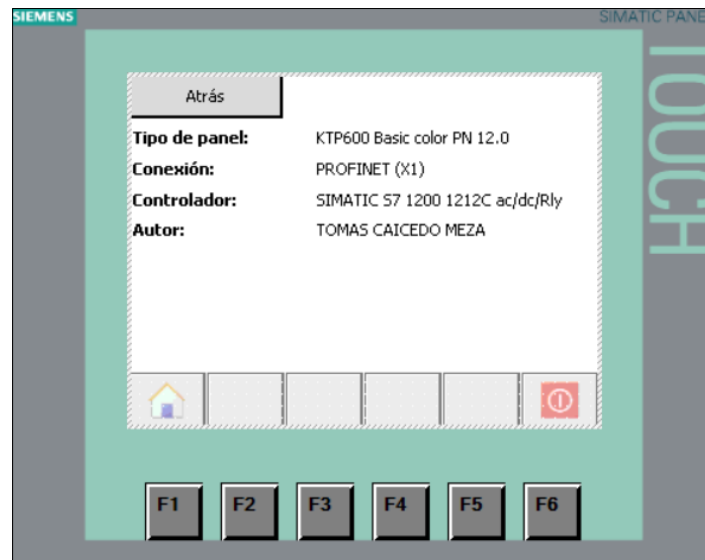
Figura 26. Imagen “Velocidad”.

En la imagen “visualizador de curvas” se muestra la velocidad establecida por el variador de velocidad, estableciendo en el enlace “configuración de velocidad rpm” el dato ya determinado. Fuente: Elaboración propia



Figura 27. Imagen “Máquina etiquetadora”.

En la imagen “máquina etiquetadora” se muestran las posibles fallas ocasionadas por desconexión de sensores, motores o del variador de velocidad, esto permite solucionar con mayor fluidez las posibles averías del sistema. Fuente: Elaboración propia



*Figura 28.* Imagen “Información de la máquina”.

En la imagen “información de la máquina” se detalla el tipo de panel “KTP600”, la conexión “PROFINET”, el controlador “SIMATIC S7 1200”, y el autor del proyecto “TOMAS CAICEDO MEZA”. Fuente: Elaboración Propia.

### 2.3.5. Costos de la implementación de la máquina etiquetadora.

Tabla 4

*Costo de componentes mecánicos de la máquina etiquetadora.*

	Descripción	Detalle	Cantidad	Precio por unidad		Total	
1	Cadena recta de bisagra simple Rexnord	10S31 - 3 m	1	S/	185	S/	185
2	Polea motriz de polietileno	NS815 21 - 30	1	S/	55	S/	55
3	Polea conducida de polietileno	NXT820 21 - 30	1	S/	55	S/	55
4	Perfil guía de polietileno	3 m	1	S/	15	S/	15
5	Media plancha de acero inoxidable	AISI 304 - 2 mm	1	S/	280	S/	280
6	Barra circular de nylon	60 x 0.5 m		S/	30	S/	30
7	Barra circular de acero	acero 1018 / 10 x 0.5 m	1	S/	90	S/	90
8	Tubo de acero inoxidable	AISI 304 - 62 x 4 m	1	S/	100	S/	100
9	Barra rectangular de Acero inoxidable	AISI 304 / 25 x 10 x 0.5 m	1	S/	40	S/	40
10	Esparrago	DIN 976 / m8 x 0.5 m		S/	10	S/	10
11	Barra circular de acero inoxidable	AISI 304 - 8 mm x 3 m	1	S/	45	S/	45
12	Chumacera	SKF E2.YAR 204 - 2f	5	S/	80	S/	400
13	Rodamiento	SKF 2RS1629 - 2RS1	3	S/	15	S/	45
14	Rodamiento	CNS 024640-SKF 61905 2Z	1	S/	20	S/	20
15	Seguro Seeger	BS 3673 - S025M	1	S/	4	S/	4

16	Barra circular de aluminio	6061 / 120 x 0.5 m	1	S/	60	S/	60
17	Barra circular de aluminio	6061 / 50 x 0.5 m	1	S/	25	S/	25
18	Plancha de acero	acero 1018 - 12 x 500 x 500	1	S/	15	S/	15
19	Pernos diversos	acero inoxidable AISI 304		S/	80	S/	80
20	Manijas	polietileno	4	S/	2	S/	8
22	Motorreductor 24V DC	LYNXRS - 545SH 18150	1	S/	50	S/	50
23	Motorreductor 220V AV	0.18 KW - 15:1	1	S/	400	S/	400
<b>Total</b>							<b>S/ 2,012</b>

Los componentes mecánicos de la máquina etiquetadora fueron seleccionados por medio de cálculos matemáticos, esto permite asegurar un correcto funcionamiento, en la tabla se muestra la descripción, detalle, cantidad y el costo total de cada componente. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5

*Costo de componentes eléctricos de la máquina etiquetadora.*

	Descripción	Detalle	Cantidad	Precio por unidad	Total
1	PLC Siemens s7 - 1200	CPU 1212C AC/DC/Rly	1	S/ 1,450	S/1,450
2	HMI - KTP600	Basic color PN	1	S/ 1,600	S/ 1,600
3	Variador de velocidad	ATV12H018M2	1	S/ 650	S/ 650
4	sensor fotoeléctrico tipo "U"	Riko - SU07	1	S/ 120	S/ 120
5	sensor fotoeléctrico laser	Omron / E3Z-LL8 2M	1	S/ 150	S/ 150
6	indicadores	24 VDC	4	S/ 8	S/ 32
7	pulsador	NA - verde	1	S/ 8	S/ 8
8	pulsador NC	NC - rojo	1	S/ 8	S/ 8
9	pulsador paro de emergencia		1	S/ 15	S/ 15

10	tablero eléctrico	400 x 300 x 200	1	S/	80	S/	80	
11	accesorios para instalación			S/	30	S/	30	
12	llave termomagnética		1	S/	40	S/	40	
13	cables para la instalación			S/	50	S/	50	
							Total S/	4,233

Los componentes eléctricos de la máquina etiquetadora, se seleccionaron por la tensión de alimentación, consumo de corriente, potencia máxima de los actuadores y el material a detectar en caso de los sensores fotoeléctricos, en la tabla se muestra la descripción, detalle, cantidad y el costo total de cada componente. Fuente: elaboración propia.

Tabla 6

*Costo total de la implementación de la máquina.*

Costos	Precios totales
Costo de componentes mecánicos	S/ 2,012
Costo de componentes Eléctricos	S/ 4,233
Costo de fabricación	S/ 552.5
Mano de obra	S/ 3000
Costo total de la implementación (S/.)	S/ 9797.5
*tipo de cambio S/3.30	\$ 2,968.93

Los costos que intervienen en la implementación de la máquina etiquetadora son: costos de componentes mecánicos, costos de componentes eléctricos, costos de fabricación y los costos de mano de obra, esto nos da un costo total de 9797,5 soles. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

*Costo del consumo máximo de energía mensual de la máquina etiquetadora.*

Componente	Detalle	Consumo max. (Watt)
Motor 1	0.18 KW - 15:1	180
Motor 2	LYNXRS - 545SH 18150	20
Sensor 1	Riko - SU07	3.5
Sensor 2	Omron / E3Z-LL8 2M	4.4
PLC	S/ 1200 - CPU 1212C AC/DC/Rly	15
HMI	KTP600Basic color PN	12
Variador de velocidad	ATV12H018M2	180
indicador led	x 3	12
Fuente switching	HF70W - SF - 24	110
	consumo total (watt)	536.9 W
	Costo del consumo máximo de energía mensual	S/. 64.62
	Precio unitario (S/. 0.5015 - KWh)	

Para determinar el costo del consumo máximo de energía mensual, se determinó el consumo de los componentes eléctricos, esto nos un total de 536.9 watt. El precio unitario del KWh es de 0.5015 soles, realizando el cálculo se determina un costo mensual de 64.62 soles. Fuente: Elaboración propia.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

La tabla 8 se detalla el resultado del incremento de la productividad de botellas ovaladas en la empresa A&D Químicos y diversos S.A, que se obtuvo al implementar la máquina etiquetadora.

Tabla 8

*Resultado del incremento de la productividad.*

	Sistema de etiquetado anterior	Sistema de etiquetado implementado
Numero de botellas etiquetadas por minuto	20	55
Numero de botellas etiquetadas mensualmente	288000	792000
	Incremento de la productividad (%)	275 %

En la tabla del resultado del incremento de la productividad, se detalla la cantidad de botellas etiquetas por minuto y mes, realizadas en el sistema anterior y el actual ya implementado. Fuente: Elaboración propia.

El incremento de productividad que se obtiene al implementar la máquina etiquetadora es de 275 %, esto de gran beneficio para la empresa A&D Químicos y Diversos S.A, ya que se logra realizar el etiquetado de las botellas en menor tiempo, evitando así retrasos en los tiempos de entrega de los productos.

Antes de la implementación de la máquina etiquetadora, en el área de etiquetado de la empresa A&D Químicos y Diversos se empleaban 3 operarios para realizar la función del etiquetado en las botellas ovaladas, esto implicaba un costo de 2850 soles. La tabla 9 se detalla el costo mensual después de la implementación.

Tabla 9

*Costo mensual después de la implementación.*

Descripción	Cantidad	Total (S/.)
Mano de obra	1 operarios	950
Consumo de energía	536.9 W	64.62
	Costo total	1014.62

En la tabla de costo mensual después de la implementación, se muestra el costo de mano de obra y del consumo mensual de energía “536.9 watt”, dando como resultado un costo mensual total de 1014.62 soles. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

*Comparación entre costo anterior y actual.*

Descripción	Total (S/.)
Costo mensual antes de la implementación	2850
Costo mensual después de la implementación	1014.62
Ahorro mensual de costos	1835.38

La tabla detalla el costo mensual antes y después de la implementación de la máquina etiquetadora, esto nos genera un ahorro mensual en costos de producción de botellas ovaladas de 1835.38 soles. Fuente: Elaboración propia.

Estableciendo el ahorro mensual en costos de producción, esto en base a la reducción de la mano de obra. En la tabla 11 se observa que el tiempo de recuperación de la inversión es de aproximadamente de cinco meses y medio, esto mediante la implementación de la máquina etiquetadora de botellas ovaladas.



Tabla 11

*Tiempo de recuperación*

Descripción	Total
Costo de la implementación de la máquina etiquetadora	9797.5
Ahorro mensual	1835.38
Tiempo de recuperación (meses)	5.34

En la tabla se muestra el costo de implementación de la máquina etiquetadora y el ahorro mensual de costos de producción, mediante esto obtenemos el tiempo de recuperación de la inversión, en base la reducción del personal operativo en el área de producción de botellas ovaladas. Fuente: Elaboración propia

La implementación de la máquina etiquetadora soluciona el problema de las etiquetas mal puestas, ya que al ser una maquina automatizada se evita la intervención humana para realizar esta operación. En la figura 29 se muestra el montaje mecánico de la estructura de la máquina etiquetadora.



Figura 29. Máquina etiquetadora.

En la figura se muestra En la imagen “información de la máquina” se detalla el tipo de panel “KTP600”, la conexión “PROFINET”, el controlador “SIMATIC S7 1200”, y el autor del proyecto “TOMAS CAICEDO MEZA”. Fuente: Elaboración Propia.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.2. Discusión

El principal objetivo en la implementación de una máquina automatizada es incrementar la productividad en la elaboración de algún producto, evitando la intervención humana. La hipótesis general que se estableció en esta investigación, es la implementación de una máquina etiquetadora para incrementar la productividad de botellas ovaladas en la empresa A&D Químicos y diversos S.A en el distrito de Puente Piedra en el año 2018, bajo esa idea se planifico el diseño, construcción e implementación de la máquina basándose en herramientas y cálculos de ingeniería, esto logro incrementar la productividad de botellas etiquetadas en un 275 % corroborando así la hipótesis general de la investigación.

Vásconez (2015) implemento una máquina automatizada encargada del etiquetado de empaques vacíos en la empresa SISMODE, alcanzando una velocidad de etiquetado de 25 paquetes por minuto; mientras que la máquina etiquetadora de botellas ovalas implementado en la empresa A&D Químicos y Diversos, alcanzó una velocidad de etiquetado de 55 botellas por minuto, esa disimilitud se debe al tipo de producto a etiquetar y al diseño de la máquina, pues esta se fabricó optimizando el diseño, reduciendo las piezas móviles, para así alcanzar una mayor velocidad.

### 4.3. Conclusiones

Mediante las diversas pruebas realizadas al sistema mecánico, eléctrico y de control, se comprobó el correcto funcionamiento de la máquina etiquetadora, concluyendo así con éxito la implementación de esta en la empresa A&D químicos y diversos S.A en el distrito de Puente Piedra en el año 2018.

La implementación de la máquina etiquetadora de botellas ovaladas, logró incrementar la productividad de 20 botellas por minuto o una producción de 288000 botellas mensuales que alcanzaba el sistema manual a una productividad de 55 botellas por minuto o una producción de 792000 botellas mensuales que realiza el sistema automatizado implementado. Dando como resultado un incremento del 275 %.

El costo de la implementación de la máquina etiquetadora es de 9797.5 soles, esto reduce el gasto mensual en el área de etiquetado de 2850 a 950 soles. En base a la reducción de la mano de obra, se calculó que el retorno de la inversión es de en cinco meses y medio aproximadamente.

## REFERENCIAS

- Acosta, F. & Matthey, D. (2012). *Diseño e implementación de un sistema de control para la automatización de una máquina envasadora en la compañía alimentos LINOMEGA C.A.* (Tesis de grado). Universidad Nueva Esparta, Venezuela.
- A & D Químicos y diversos S.A. (2018). *Aydquimicos.com*. Recuperado de <http://aydquimicos.com/>
- Forbo (2013). Siegling transílon, Cálculo de la banda transportadora. Recuperado de [http://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/7376/304-fms\\_transilon-calculo-de-la-banda-transportadora\\_es.pdf](http://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/7376/304-fms_transilon-calculo-de-la-banda-transportadora_es.pdf)
- Gamarra Ventocilla R. A. & Roy Valerio P. M. (2016). *Automatización PLC'S de la línea de distribución de productos de una empresa de cosméticos.* (Tesis de grado). Universidad tecnológica del Perú.
- Granda Salvador, A. R. (2016). *Diseño de un sistema mecatrónico para la separación de envases defectuosos de vidrio mediante la lectura del número de molde.* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernández, Collado & Baptista (2014). *Metodología de la investigación.* México: McGRAW-HILL / Interamericana editores, S.A. de C.V.
- Krones AG. (2017). Máquinas etiquetadoras para bebidas, alimentos y otros productos de éxito. Recuperado de <https://www.krones.com/es/productos/maquinas.php>

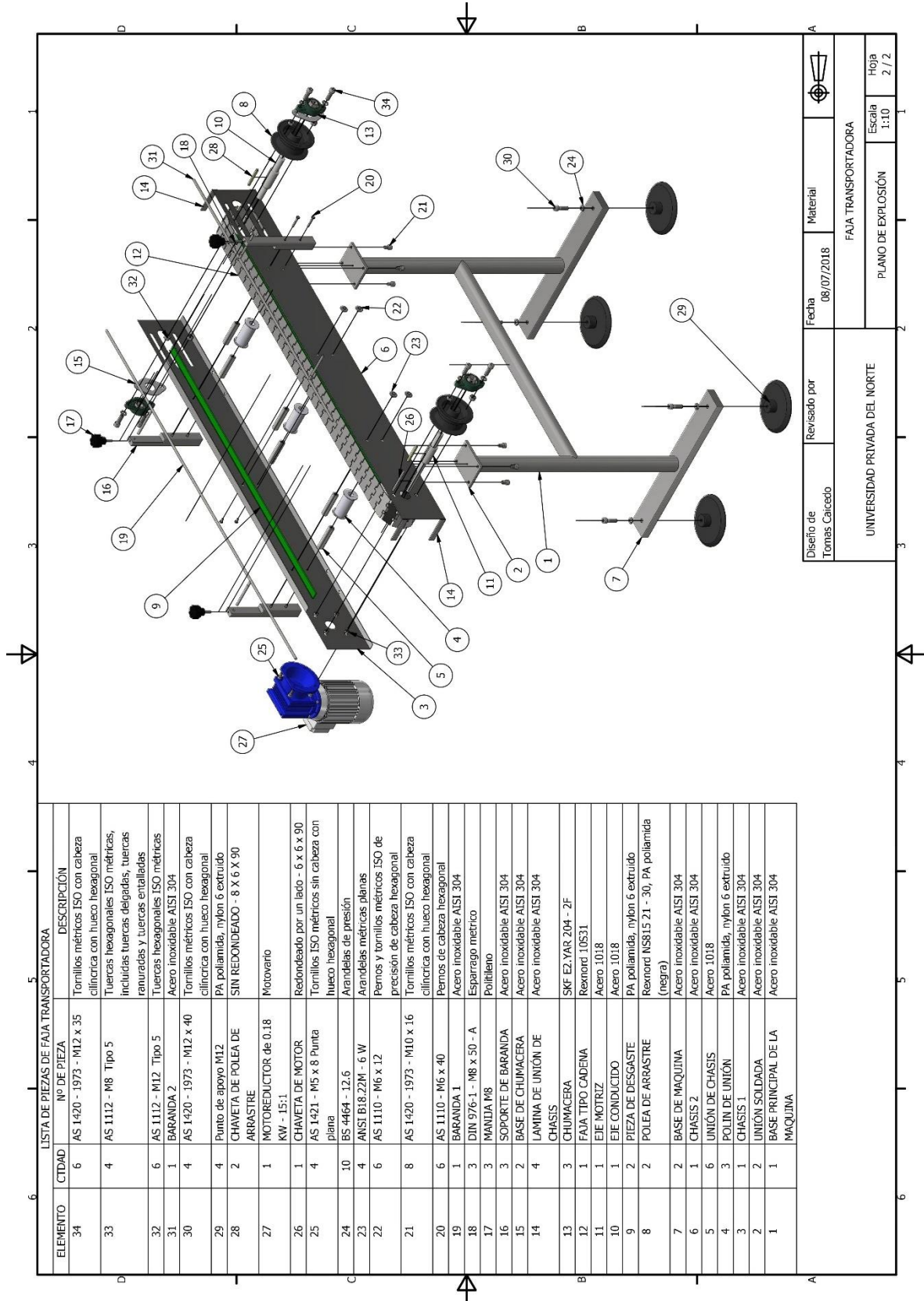
Motovario (2017). Motores eléctricos, standard IEC. Recuperado de [https://www.motovario.com/download\\_file.php?u=dXBsb2FkL2Rvd25sb2FkL2ZpbGUvZmlsZXMvMTYxMjIwMTQzMDVfdGVjaG5pY2FsX2NhdGFsb2d1ZV9tX2llY19zdGRfZXNfcmV2MC5wZGY=&f=technical\\_catalogue\\_m\\_iec\\_std\\_es\\_rev0.pdf&e=1](https://www.motovario.com/download_file.php?u=dXBsb2FkL2Rvd25sb2FkL2ZpbGUvZmlsZXMvMTYxMjIwMTQzMDVfdGVjaG5pY2FsX2NhdGFsb2d1ZV9tX2llY19zdGRfZXNfcmV2MC5wZGY=&f=technical_catalogue_m_iec_std_es_rev0.pdf&e=1)

Motovario (2017). Motorreductores de tornillo sin fin, standard IEC. Recuperado de [https://my.motovario.com/uploads/pdf\\_static/TECHNICAL%20CATALOGUE\\_VSF\\_IEC\\_ATEX\\_ES\\_rev1\\_2017.pdf](https://my.motovario.com/uploads/pdf_static/TECHNICAL%20CATALOGUE_VSF_IEC_ATEX_ES_rev1_2017.pdf)

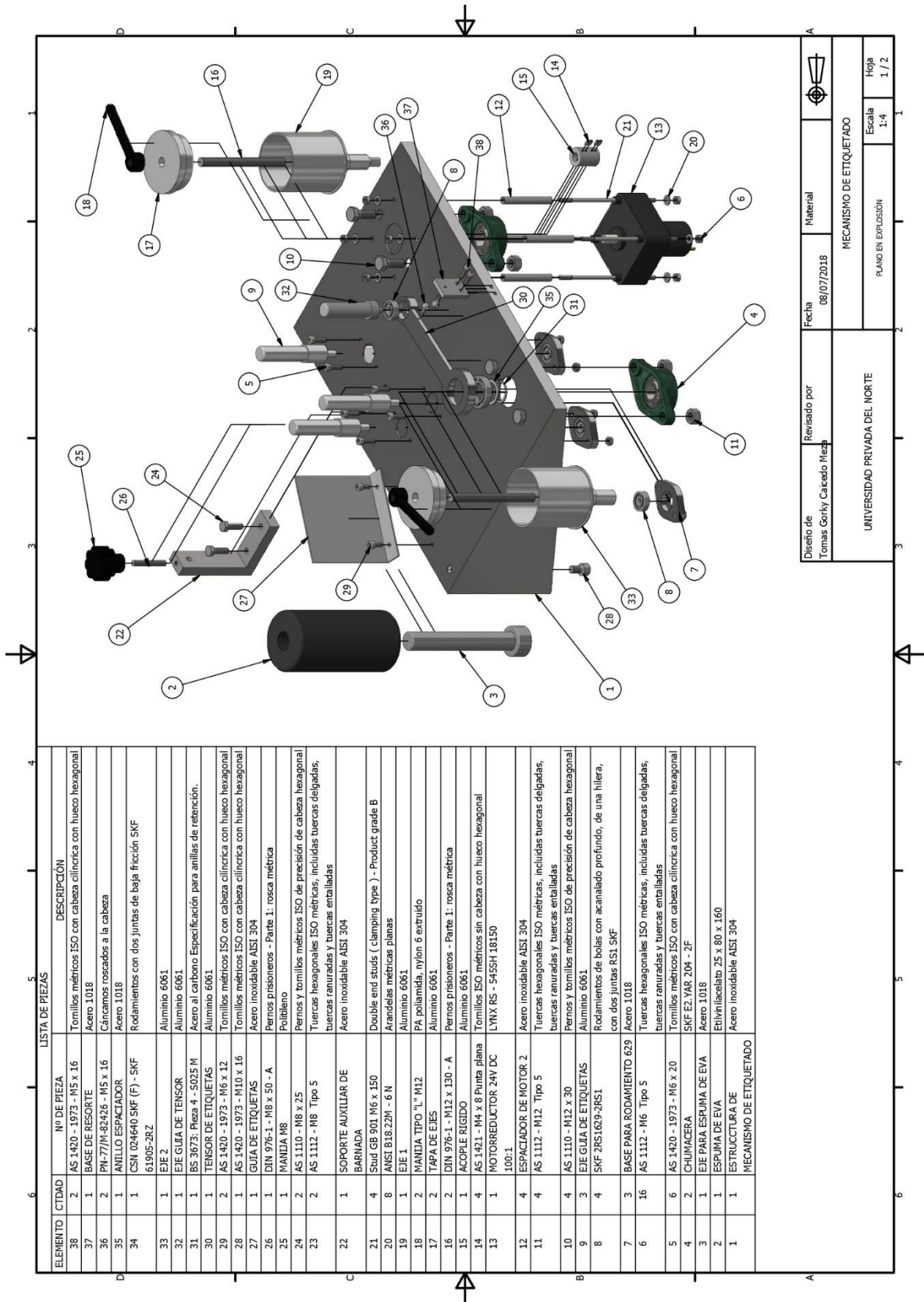
Vásconez Laica, C. F. (2015). *Diseño y construcción de un maquina mecatrónica alimentadora por fricción para etiquetado de empaques vacíos para la empresa SISMODE*. (Tesis de grado). Universidad de las fuerzas armadas de Ecuador.

## ANEXOS

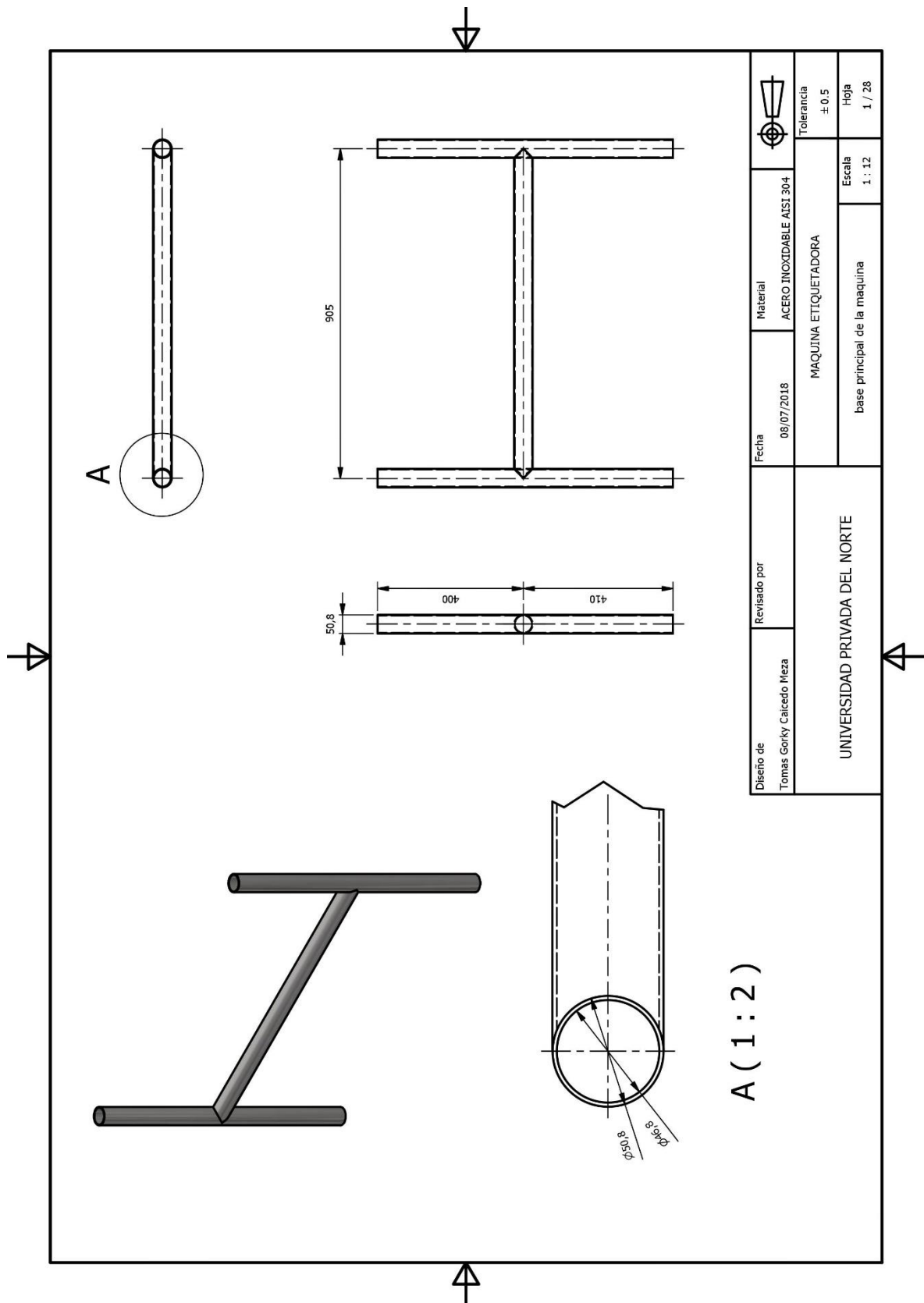
### ANEXO n° 1. Plano en explosión de banda transportadora de la máquina etiquetadora.



ANEXO n° 2. Plano en explosión de mecanismo de etiquetado de la máquina etiquetadora.

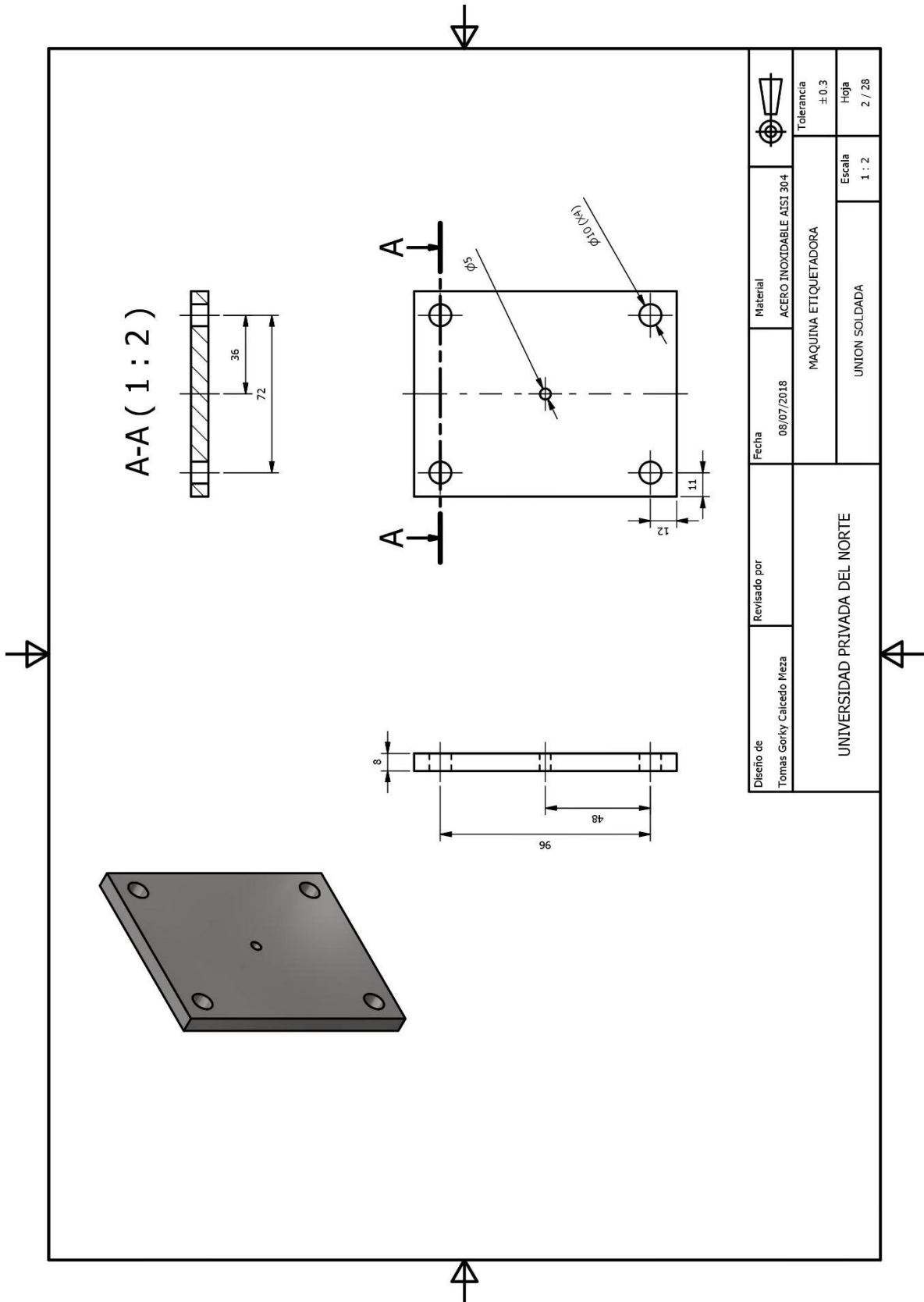


ANEXO n° 3. Base principal de la máquina.

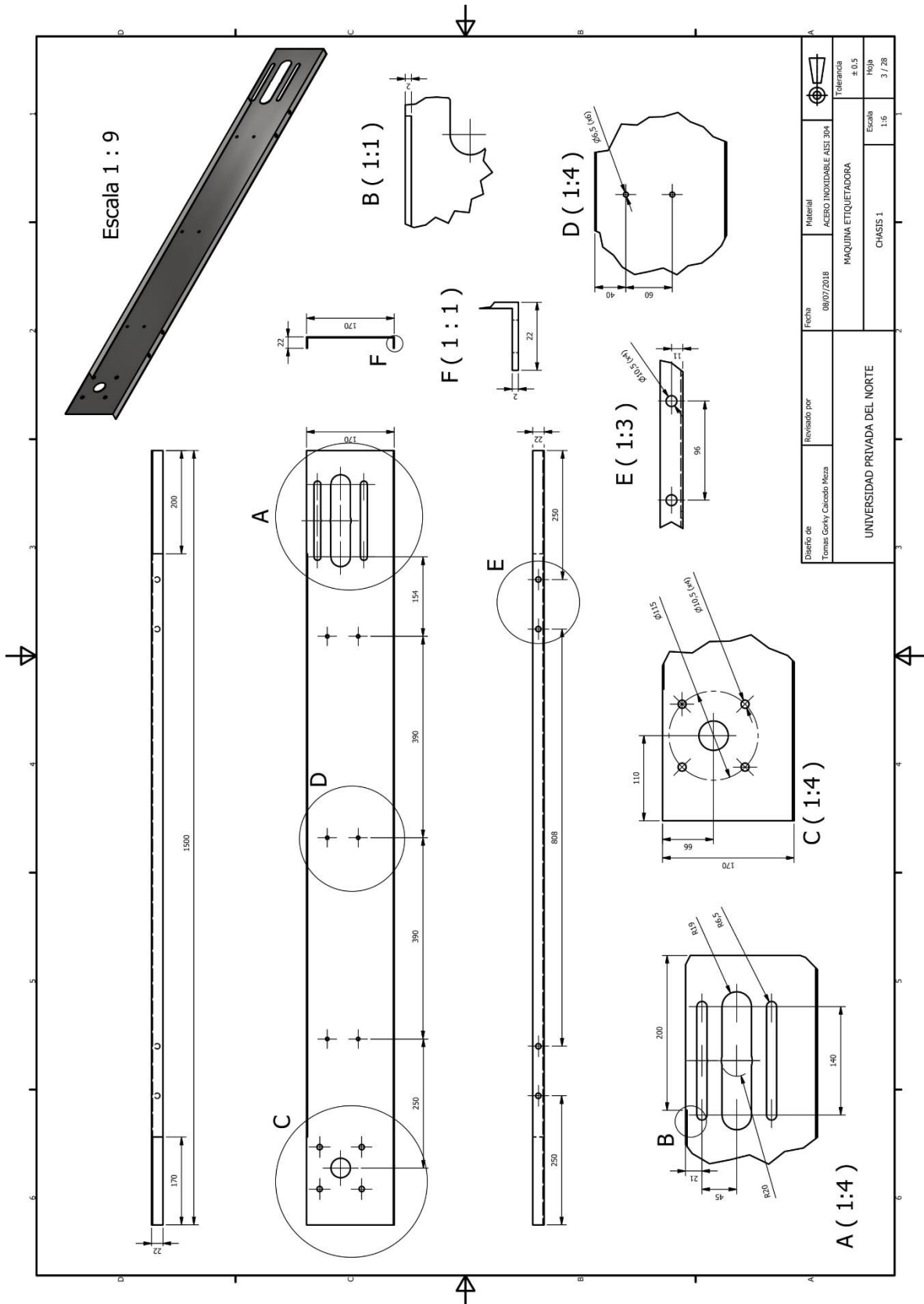




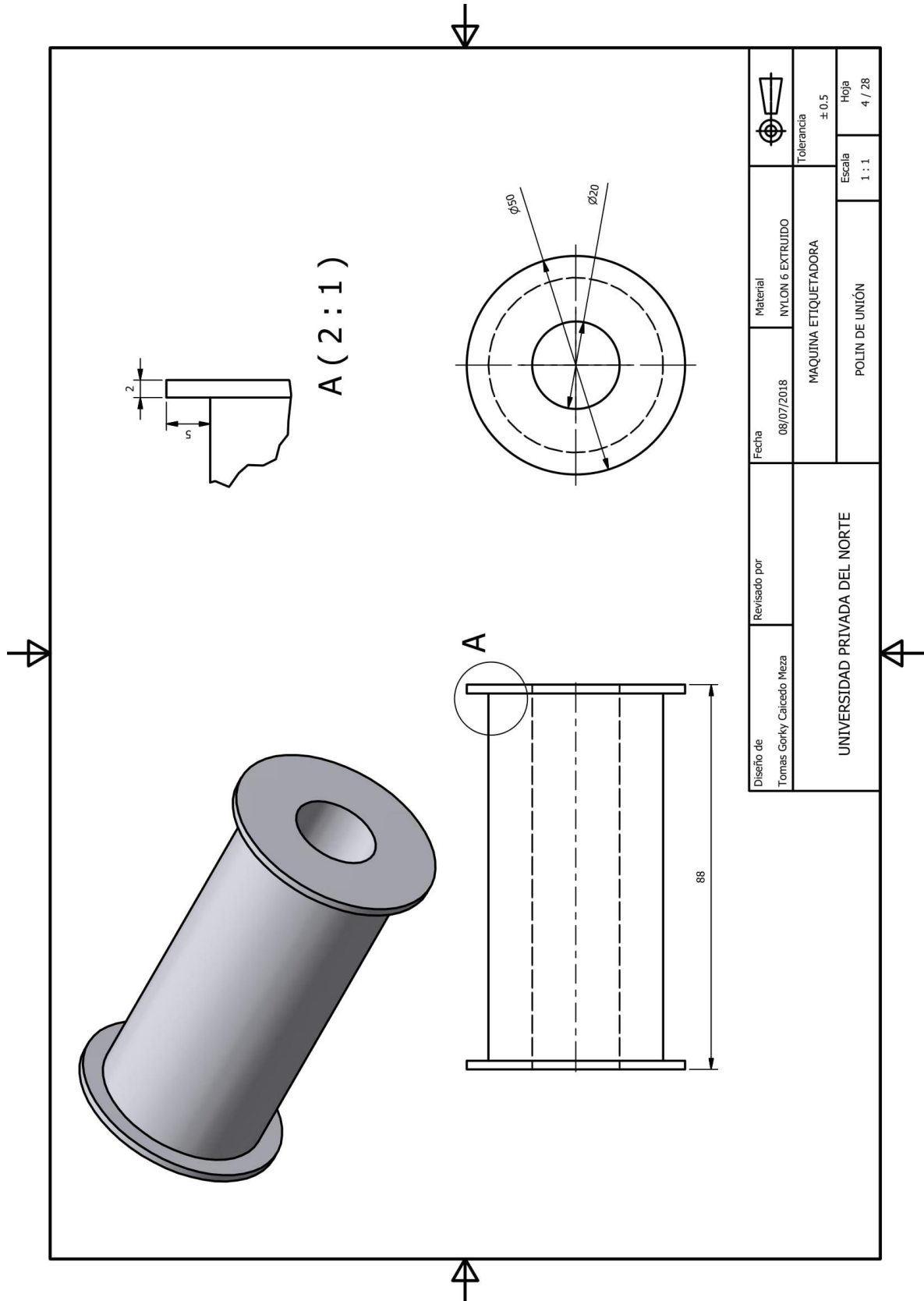
ANEXO n° 4. Unión soldada.



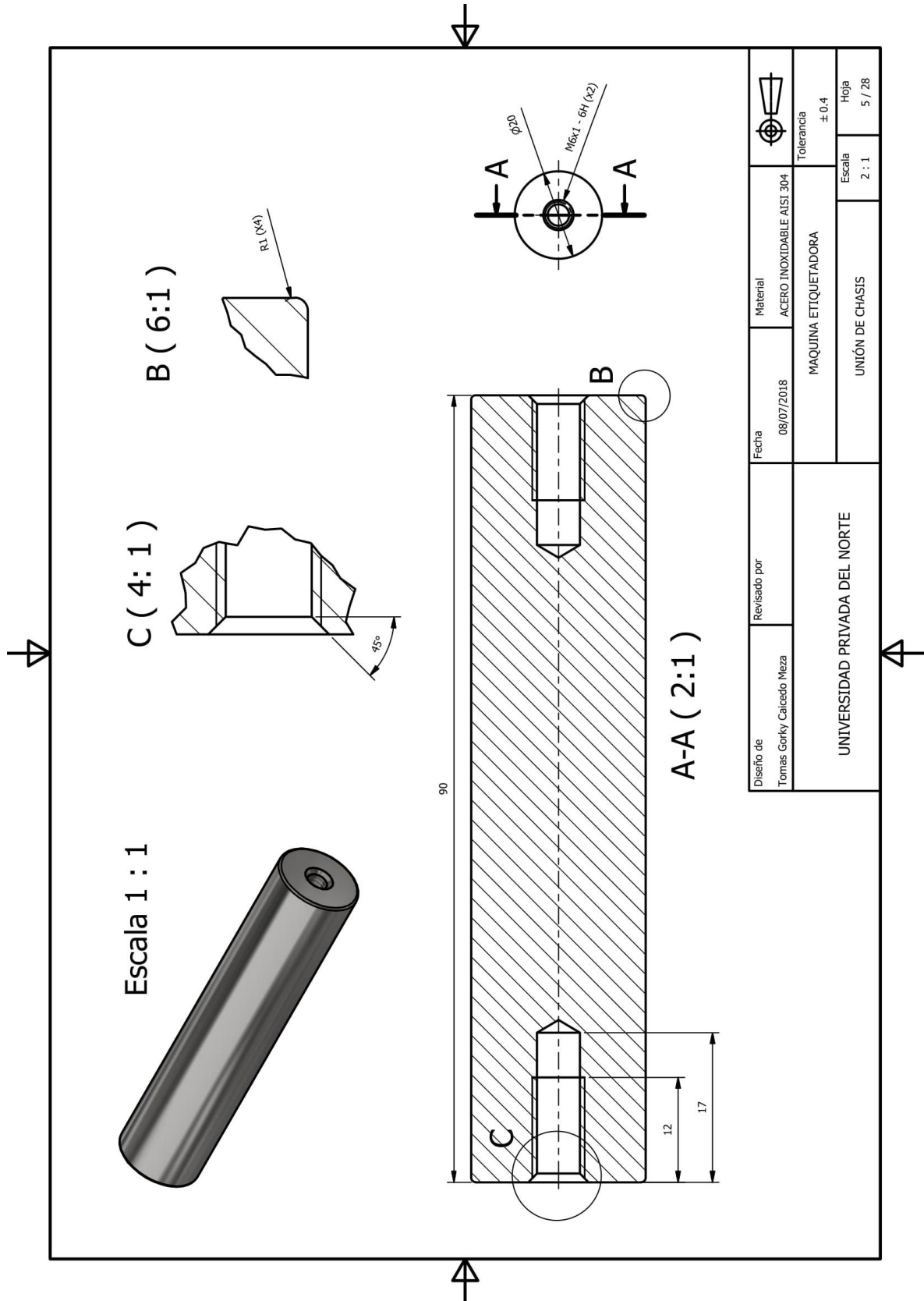
ANEXO n° 5. Chasis 1.



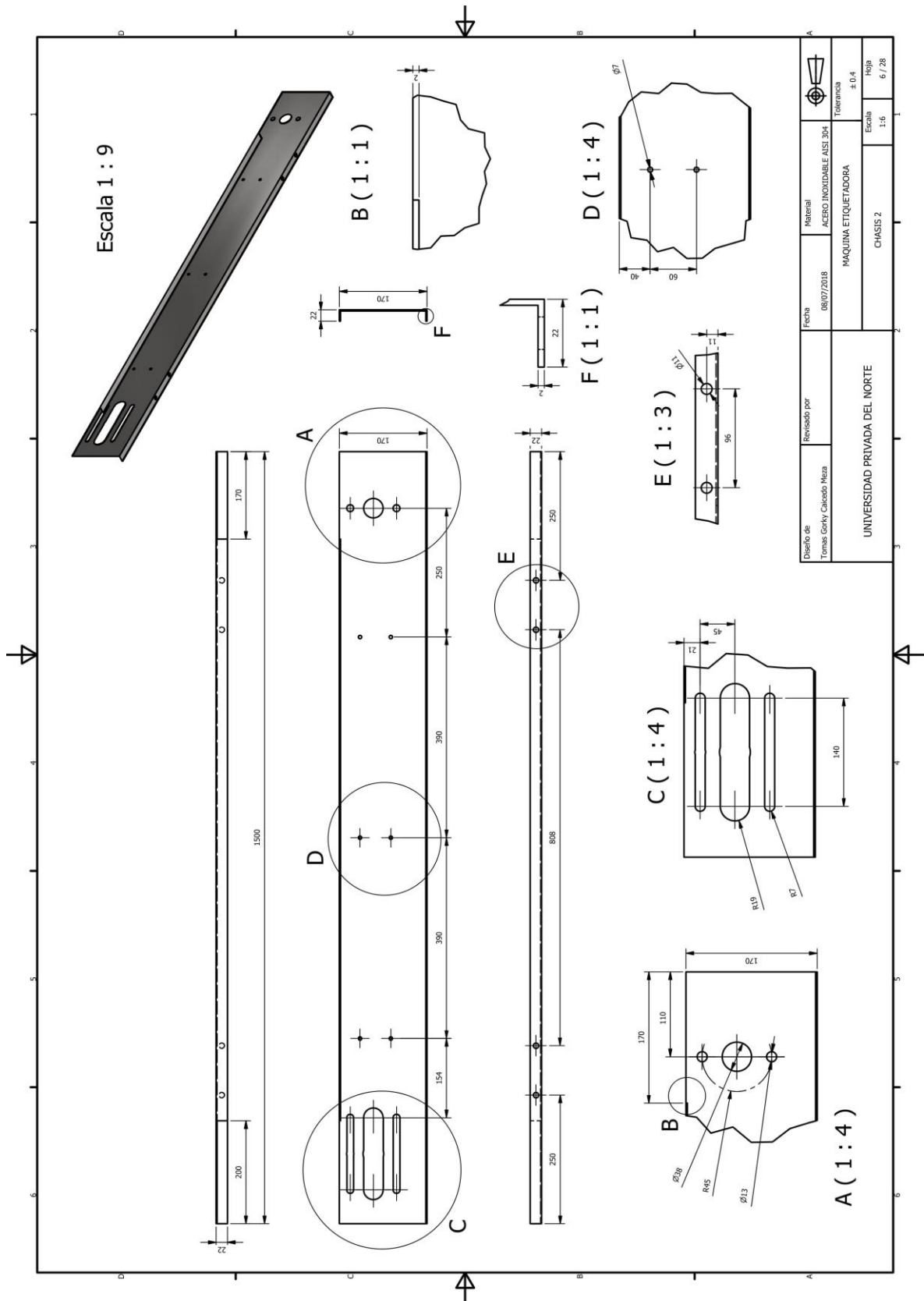
ANEXO n° 6. Polín de unión.



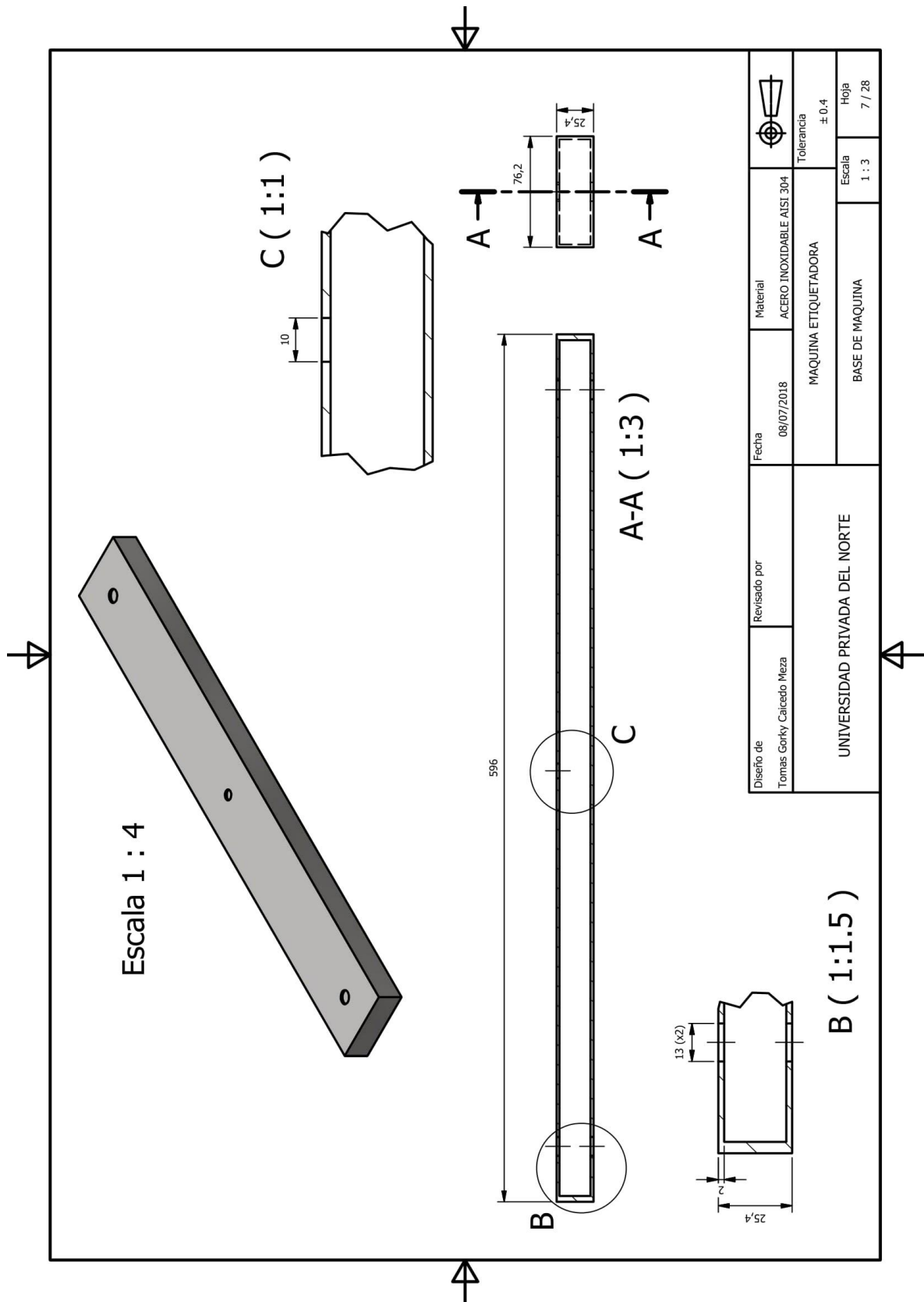
ANEXO n° 7. Unión de chasis.



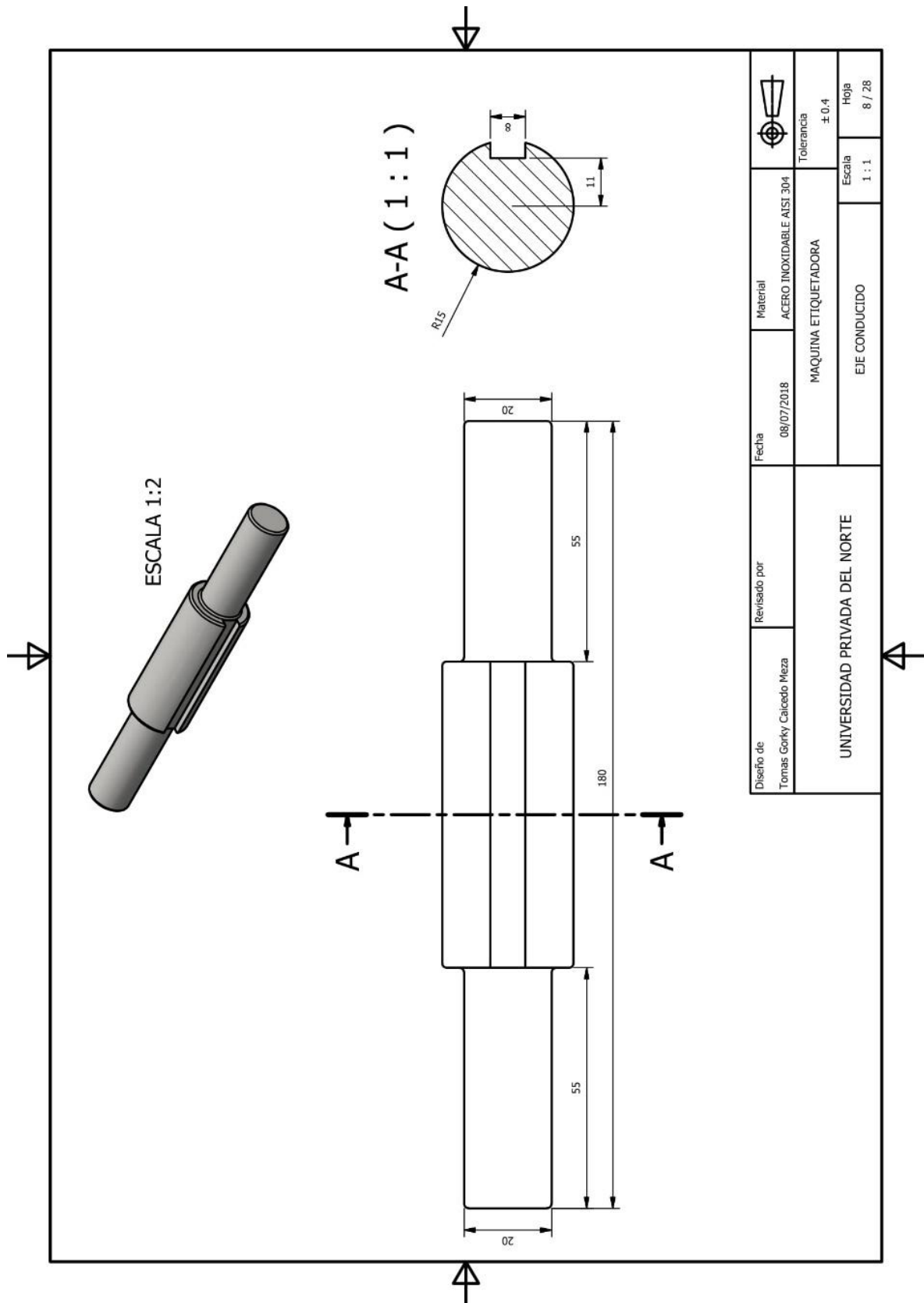
ANEXO n° 8. Chasis 2.



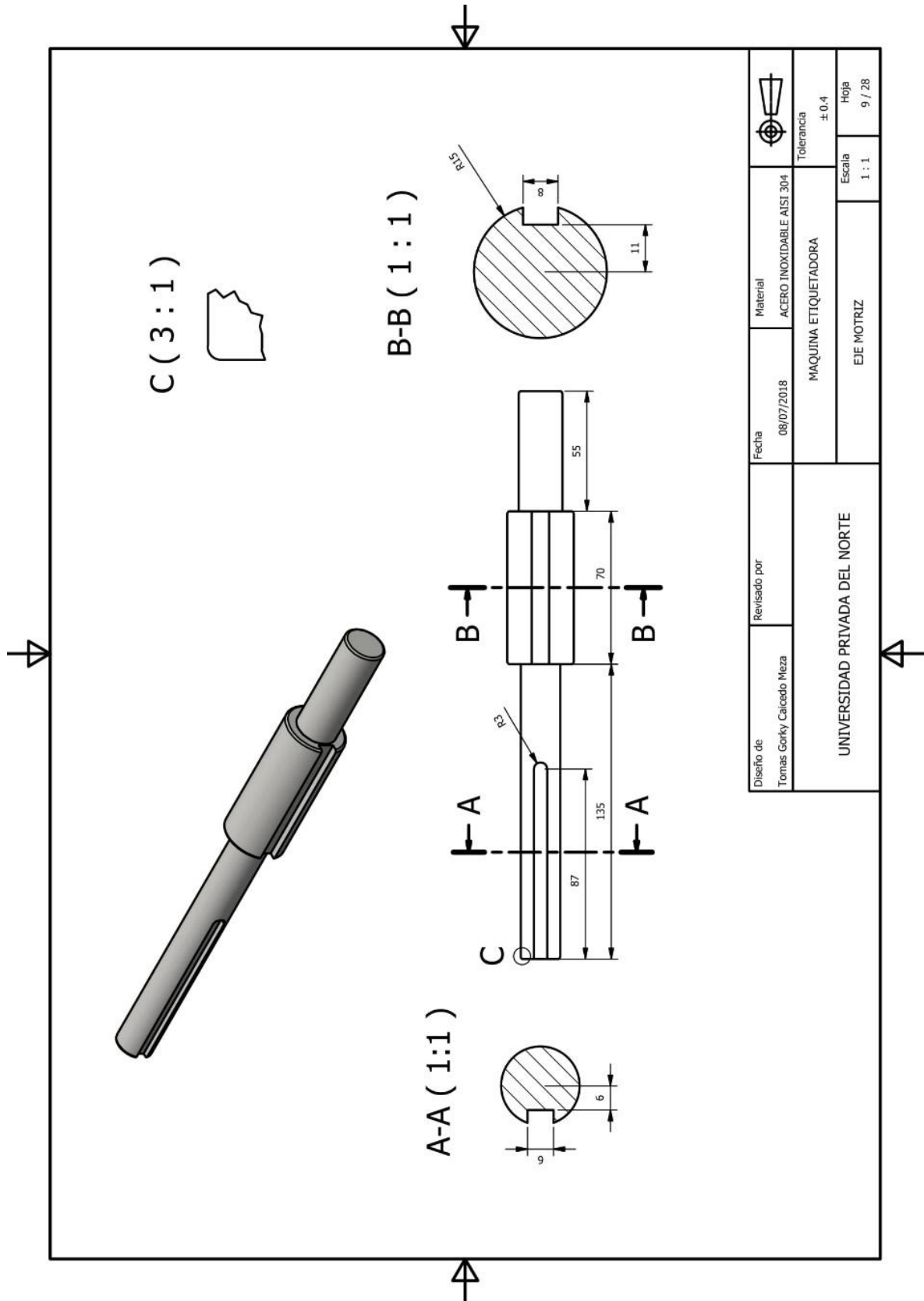
ANEXO n° 9. Base de máquina.



ANEXO n° 10. Eje conducido.

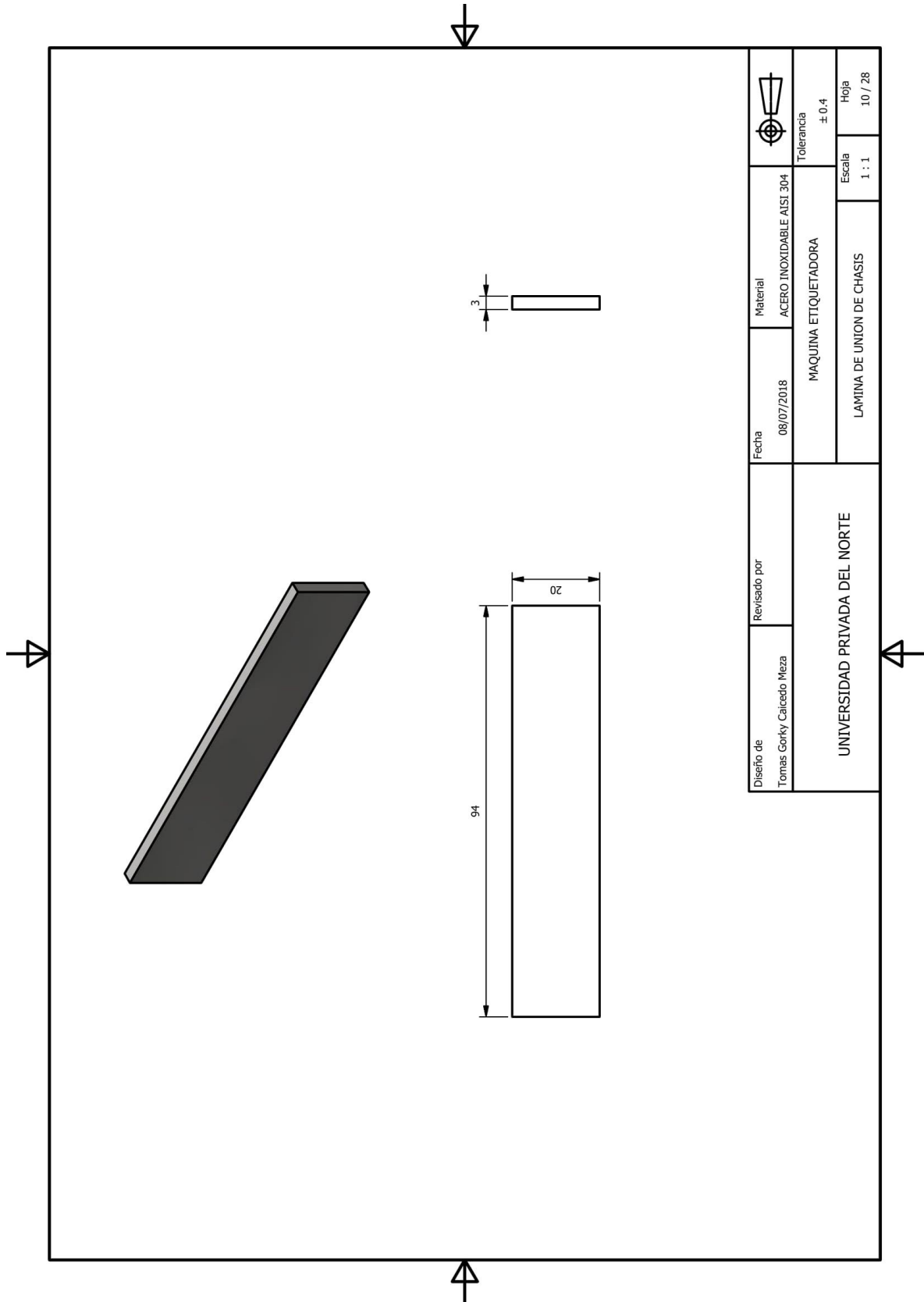


ANEXO n° 11. Eje motriz.

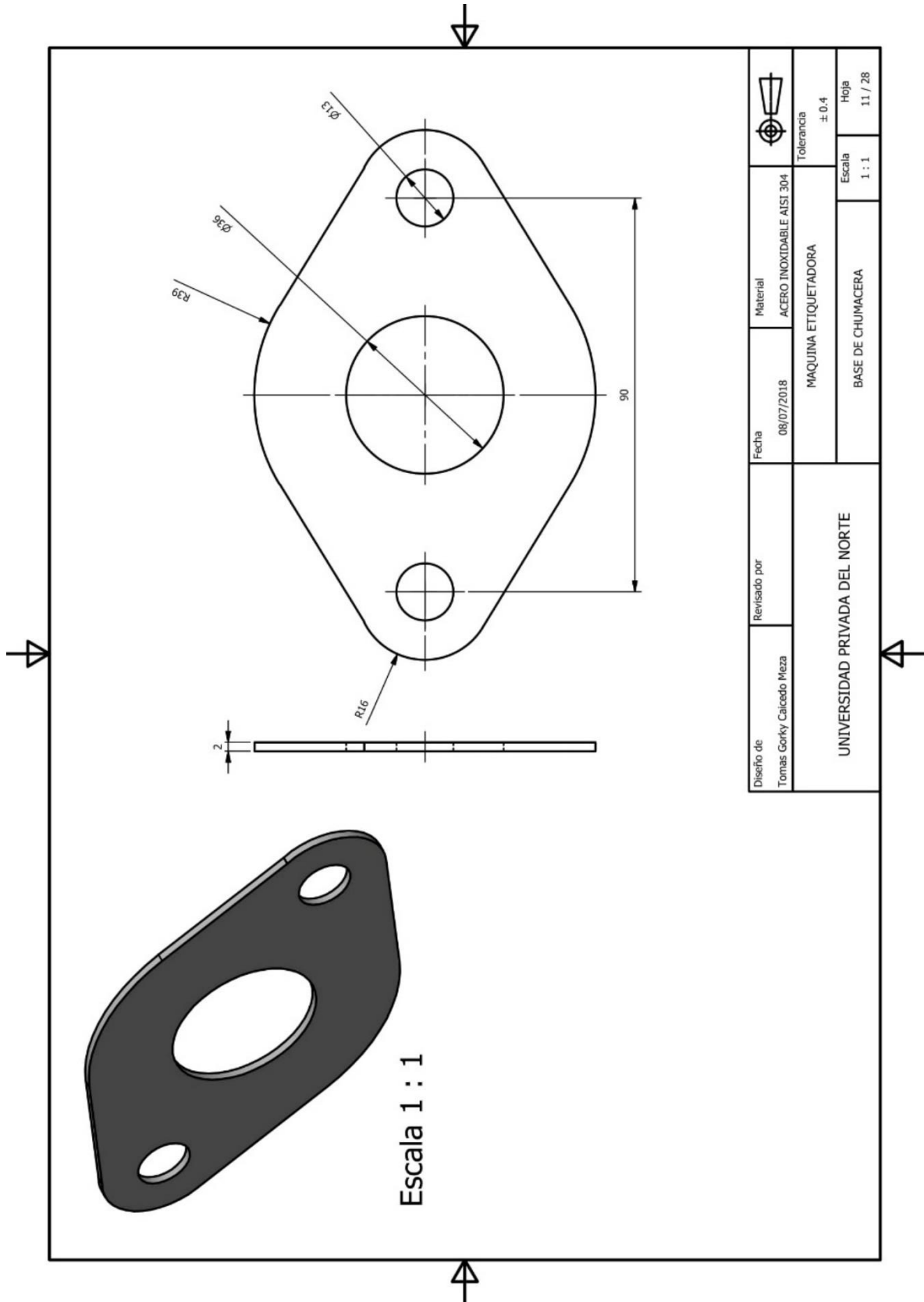




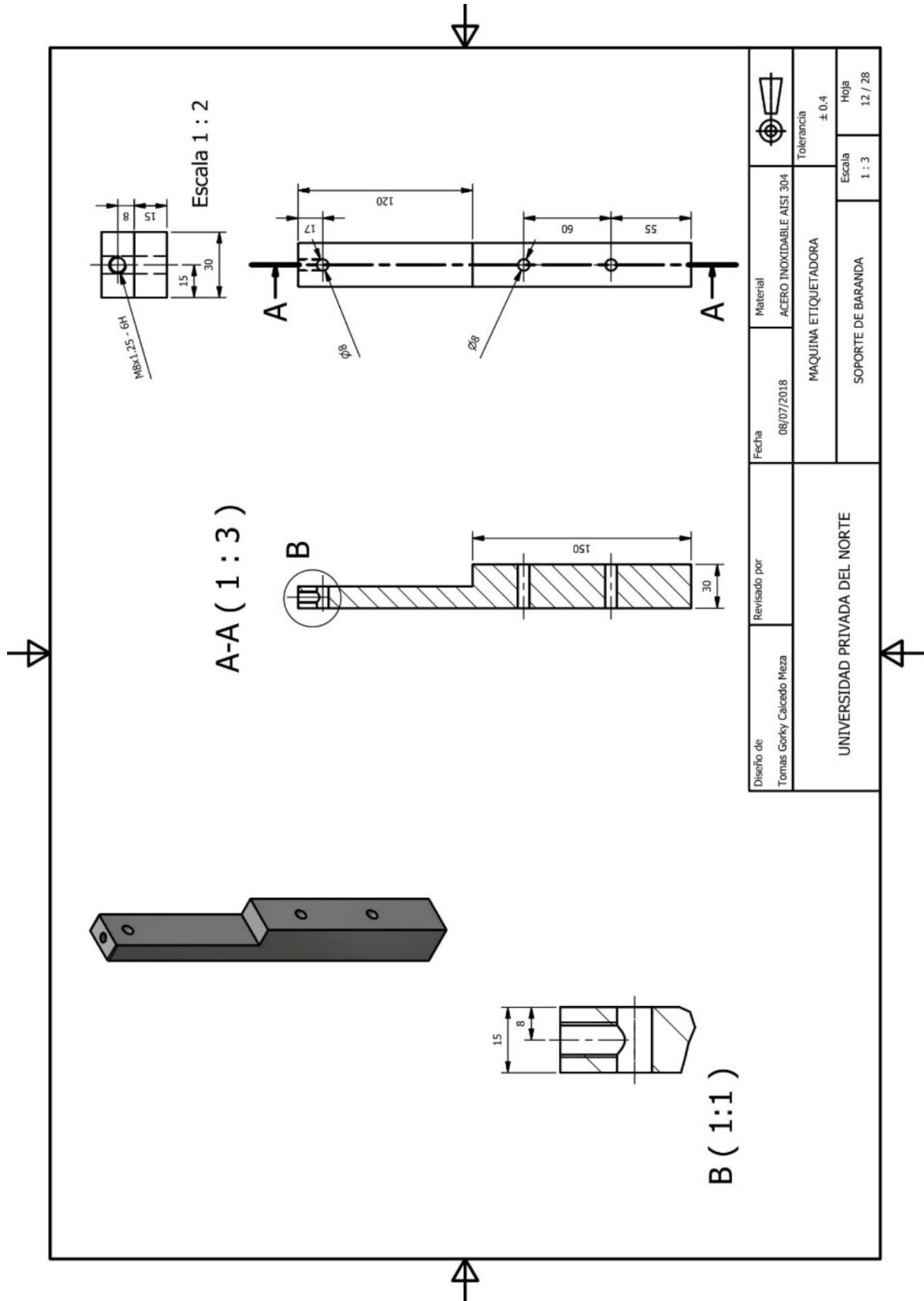
ANEXO n° 12. Lamina de unión de chasis.



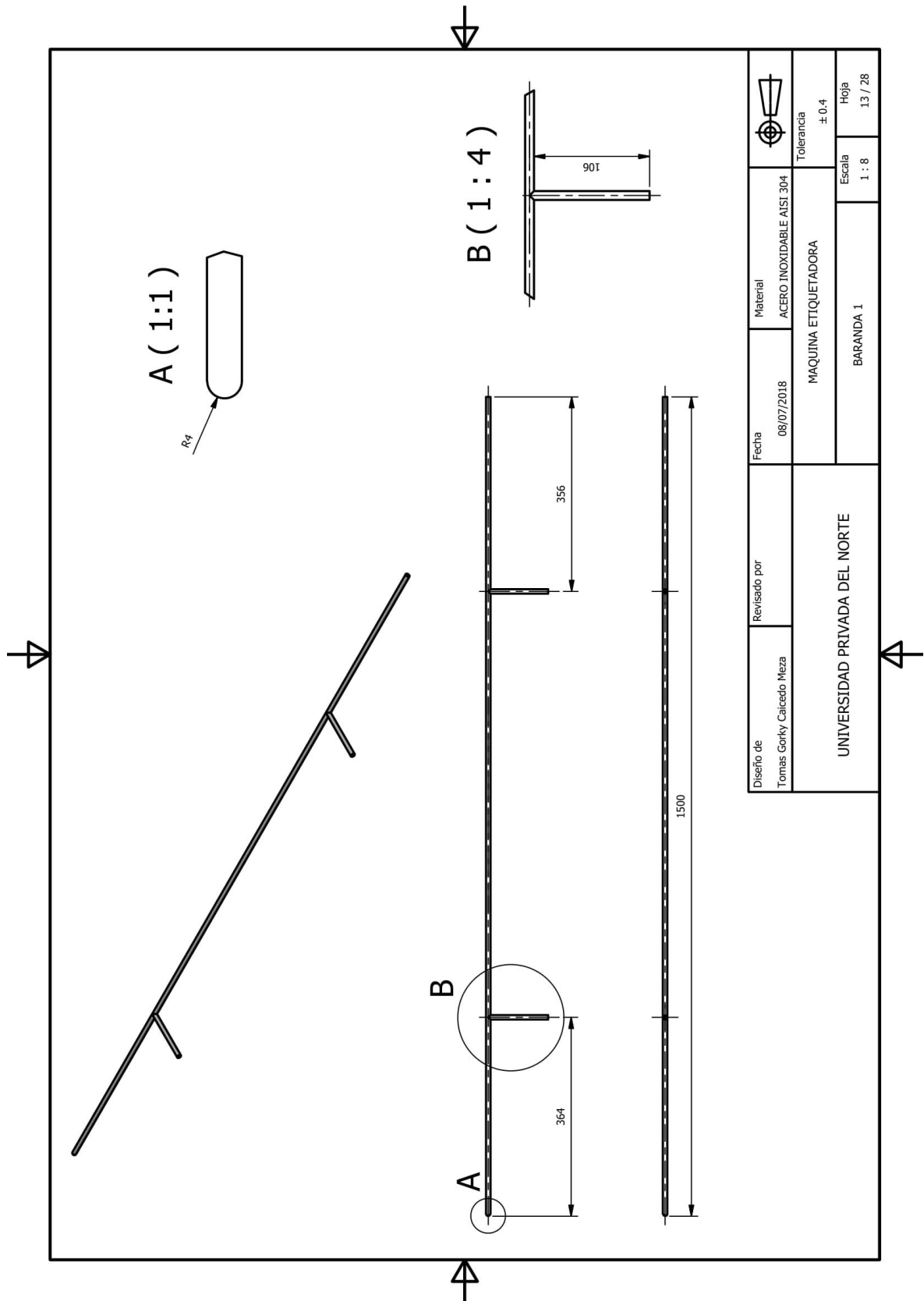
ANEXO n° 13. Base de chumacera.



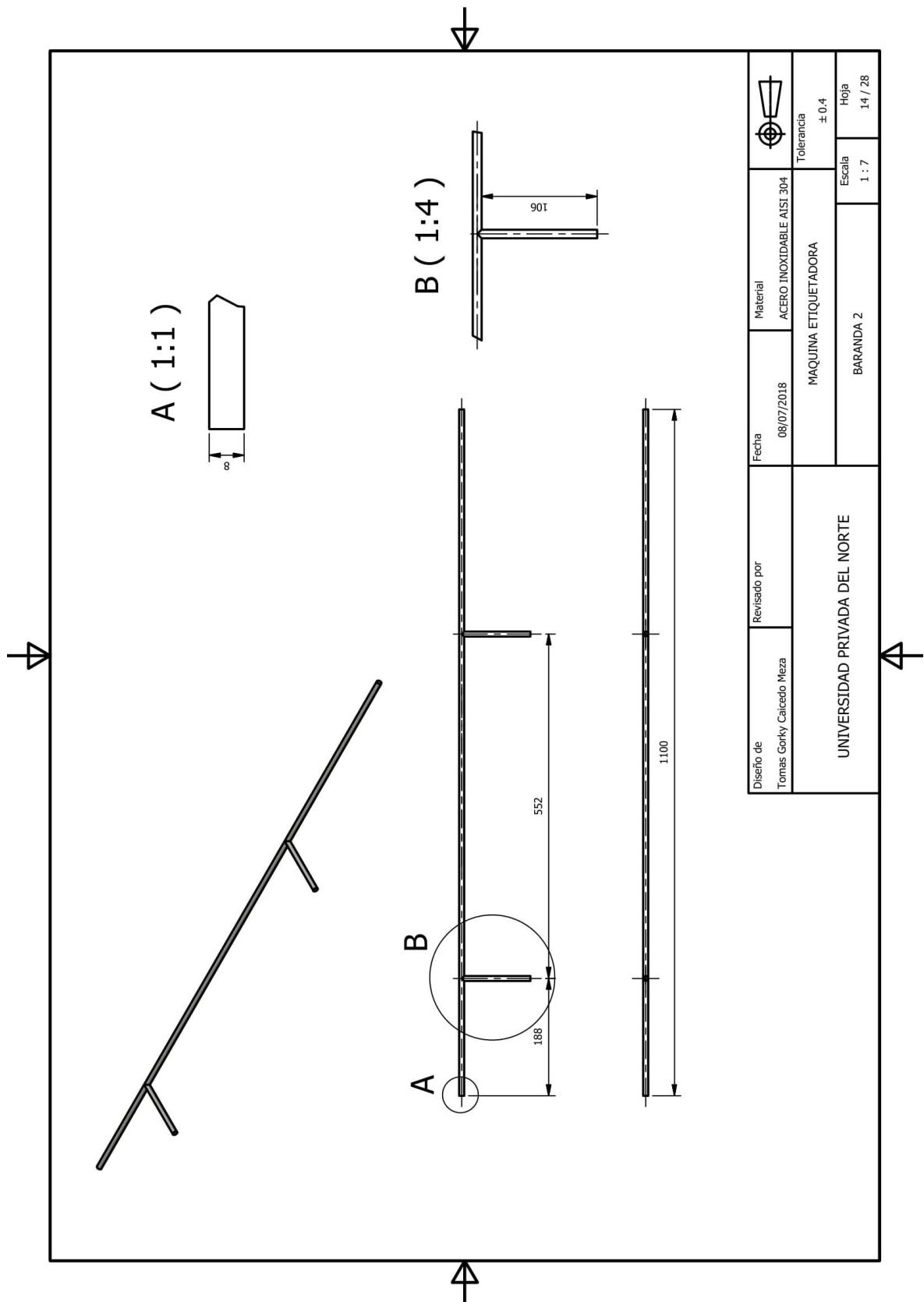
ANEXO n° 14. Soporte de baranda.



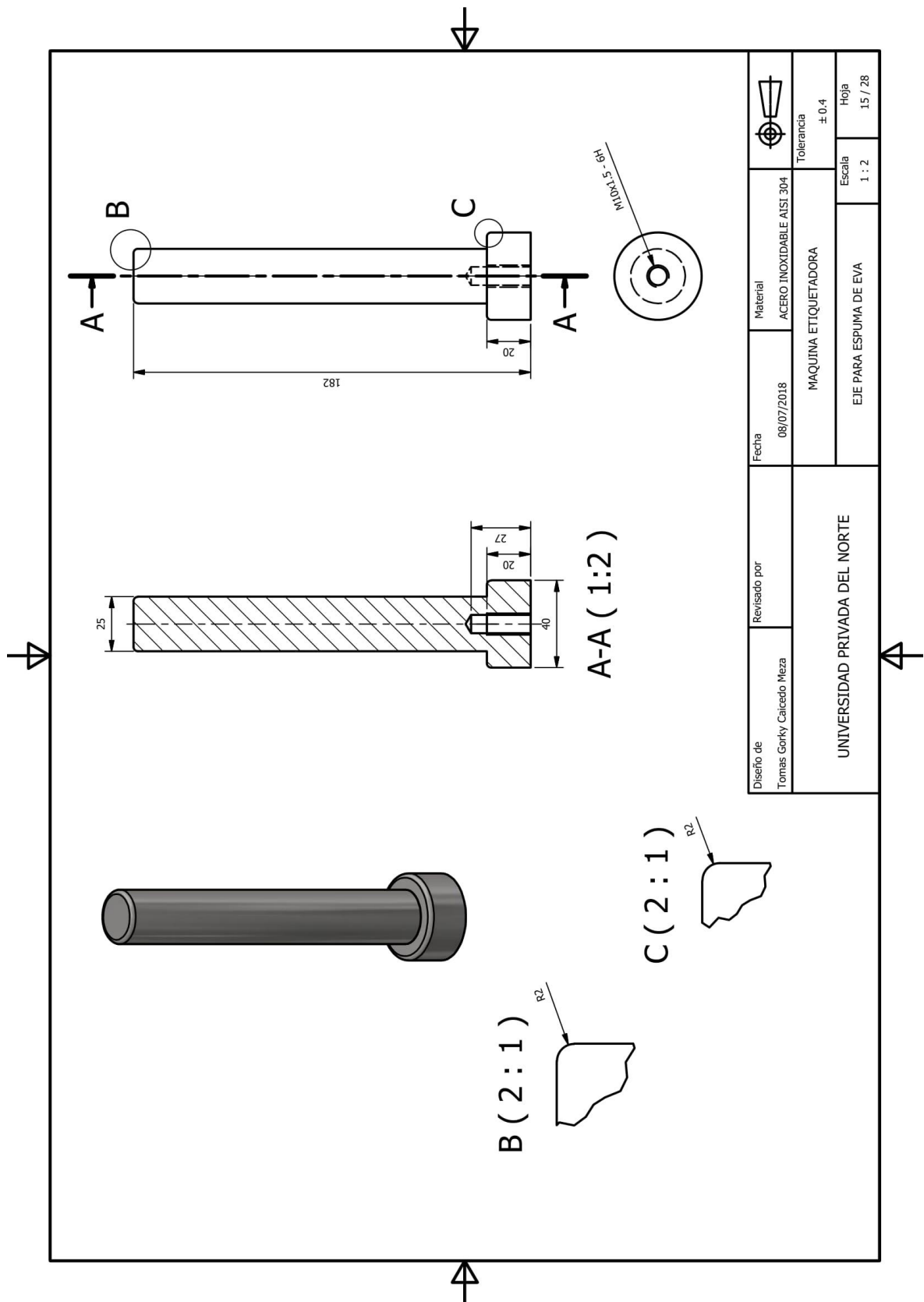
ANEXO n° 15. Baranda 1.



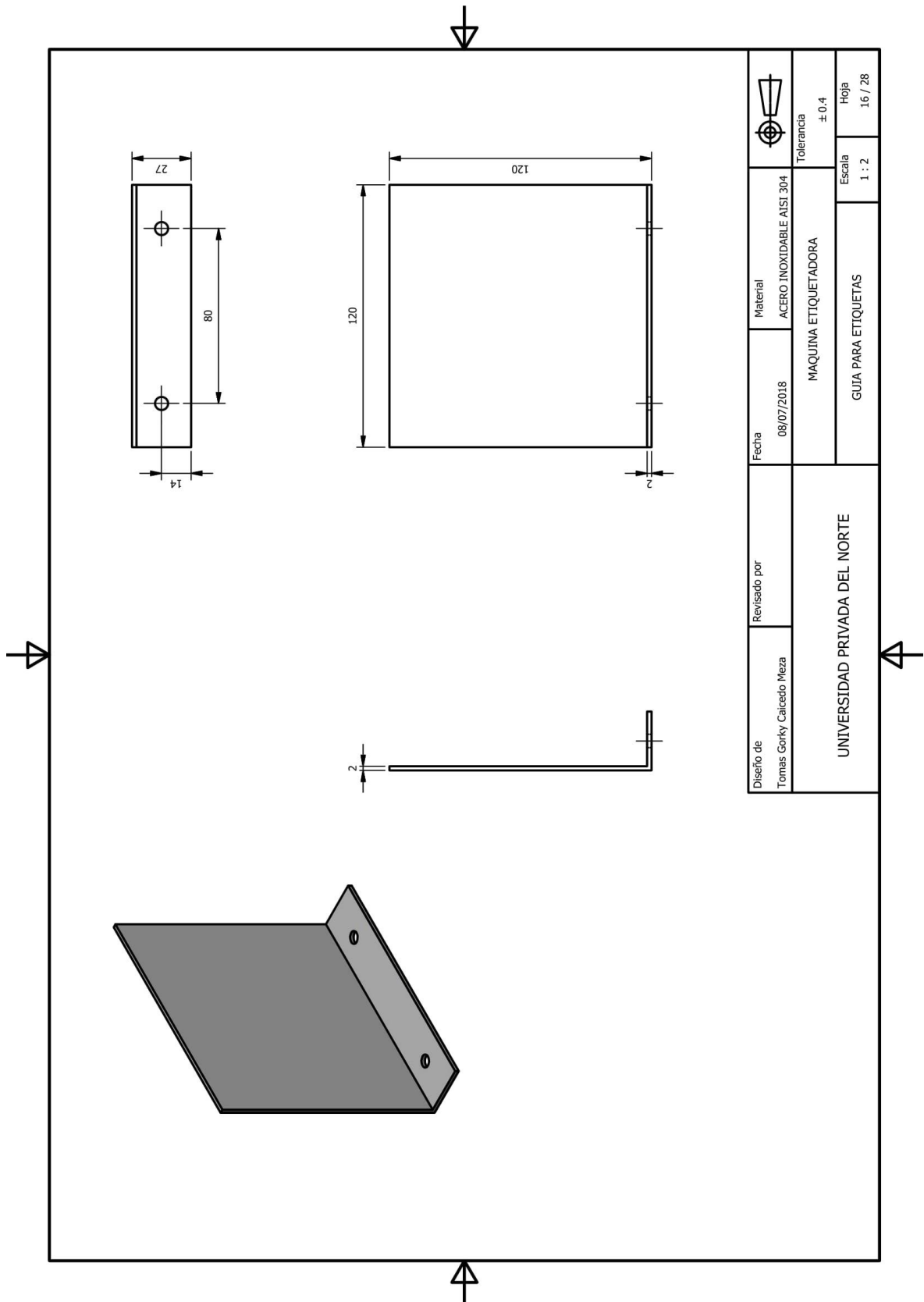
ANEXO n° 16. Baranda 2.



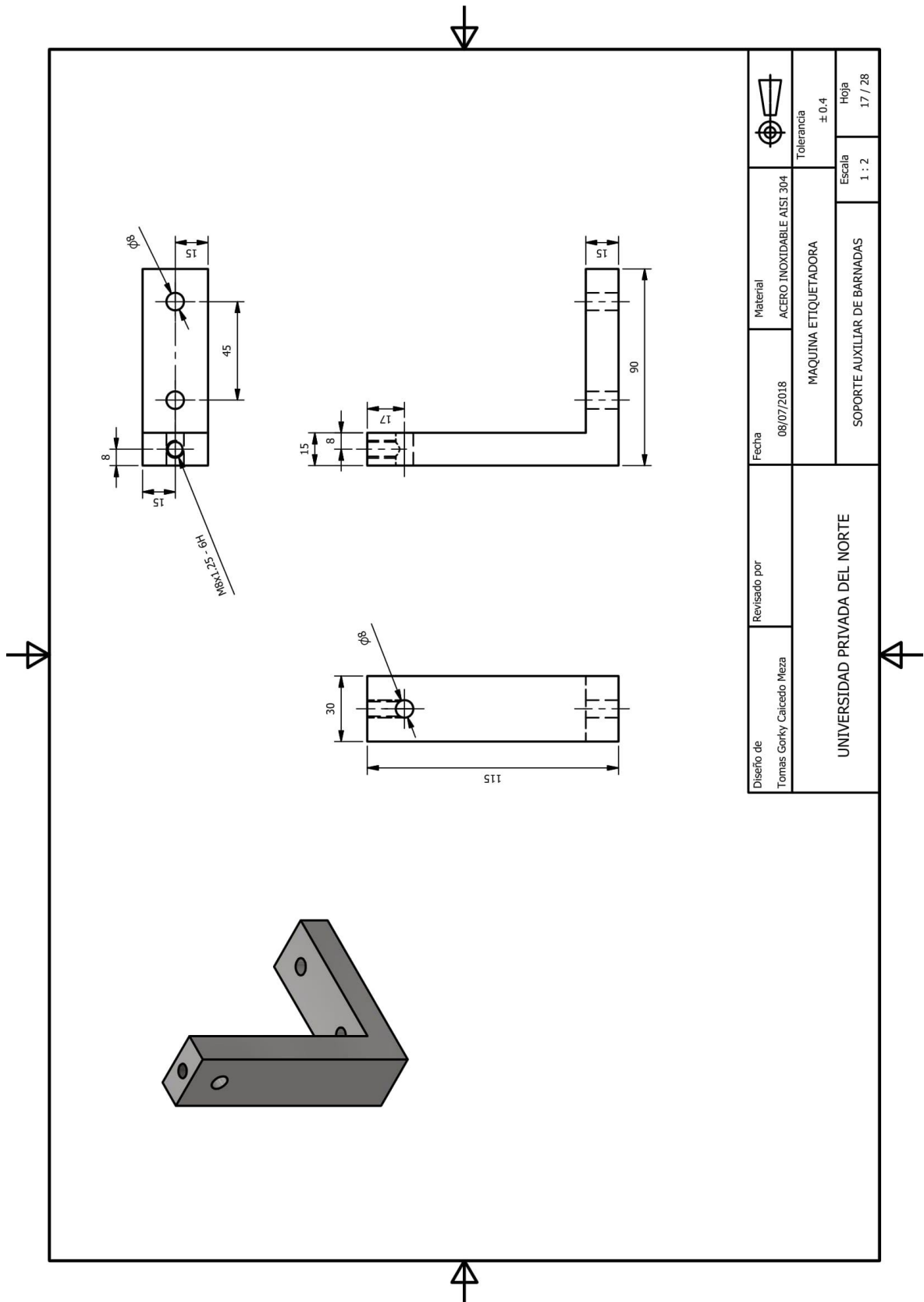
ANEXO n° 17. Eje para espuma de eva.



ANEXO n° 18. Guía para etiquetas.

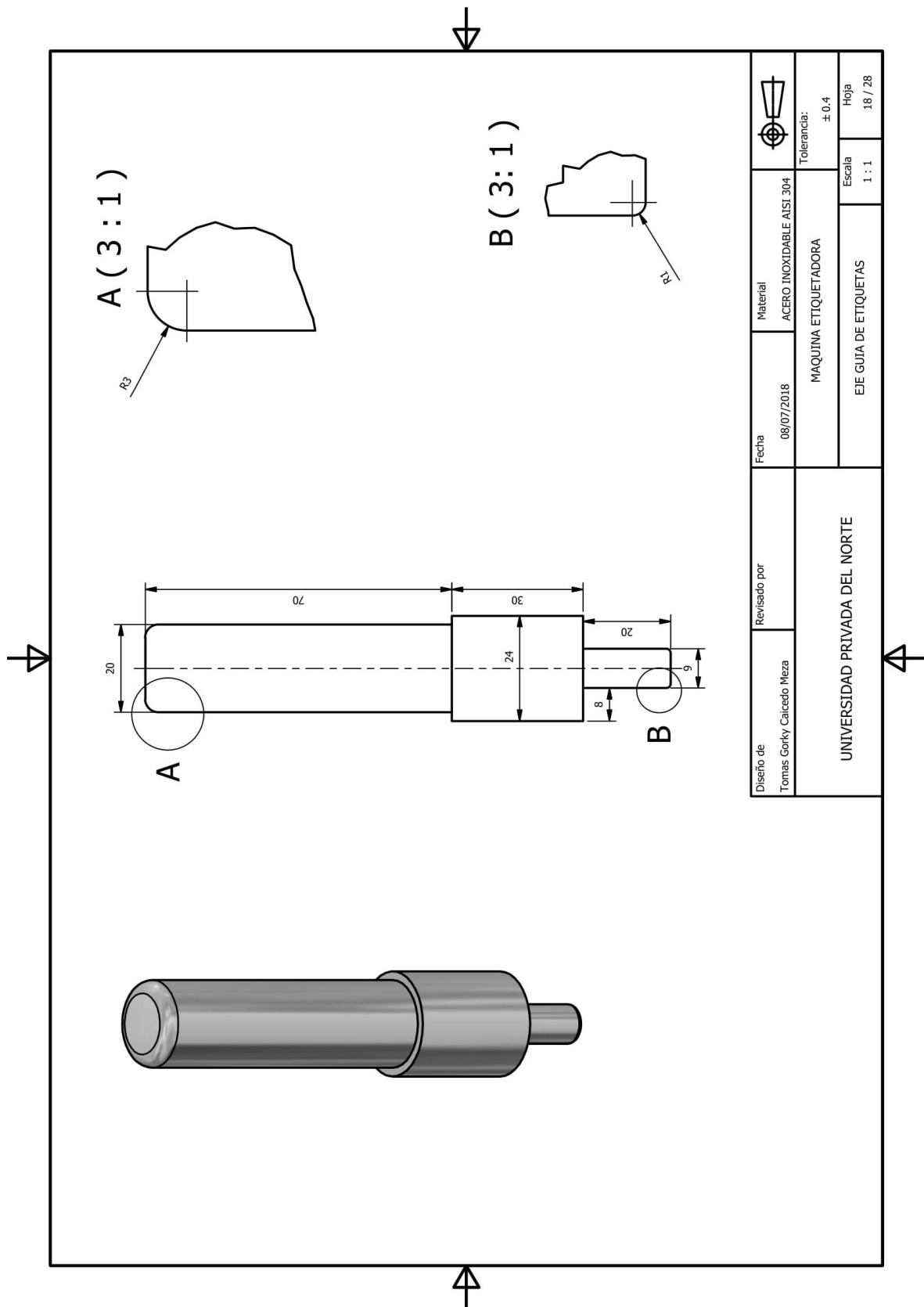


ANEXO n° 19. Soporte auxiliar de barandas.

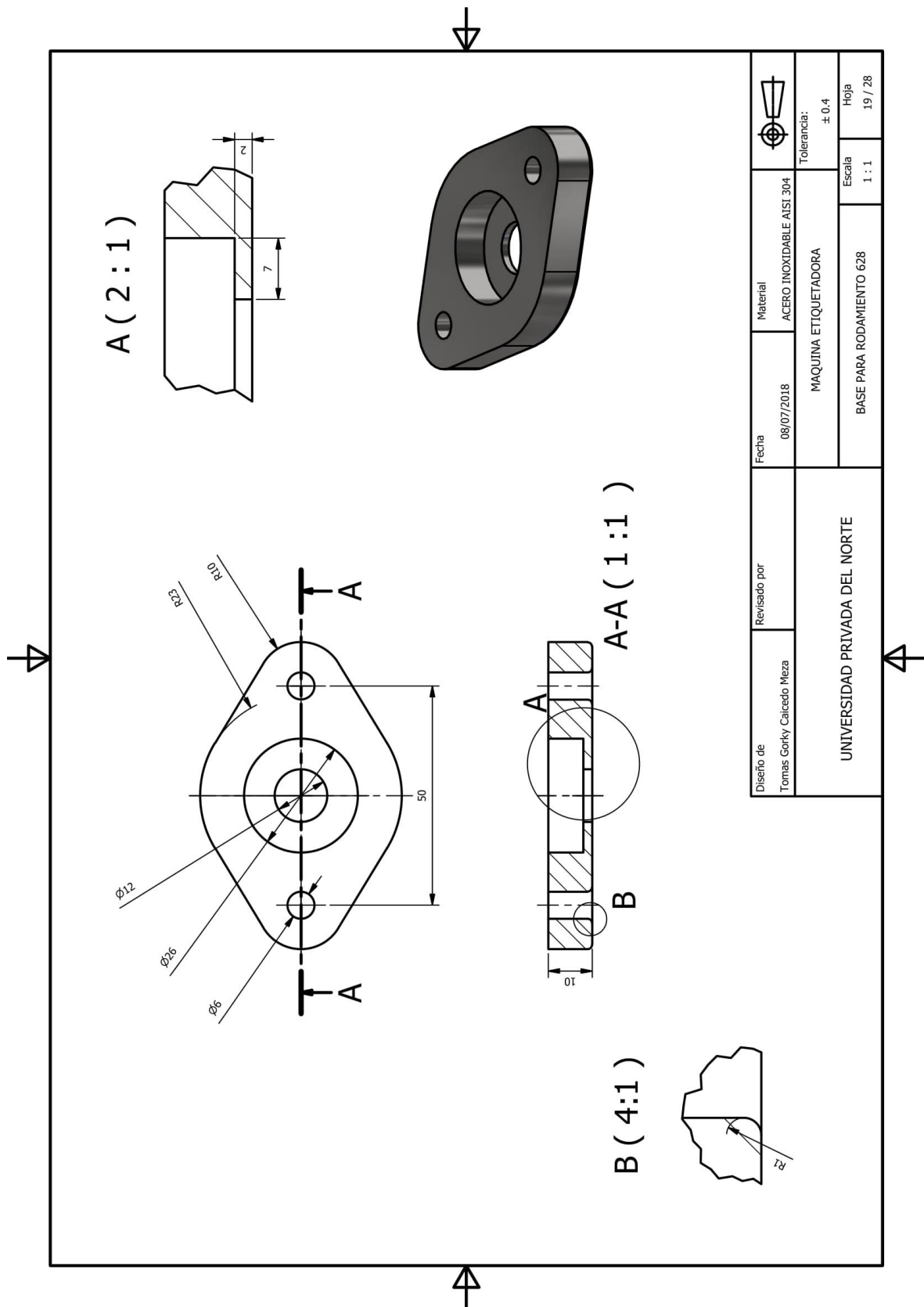




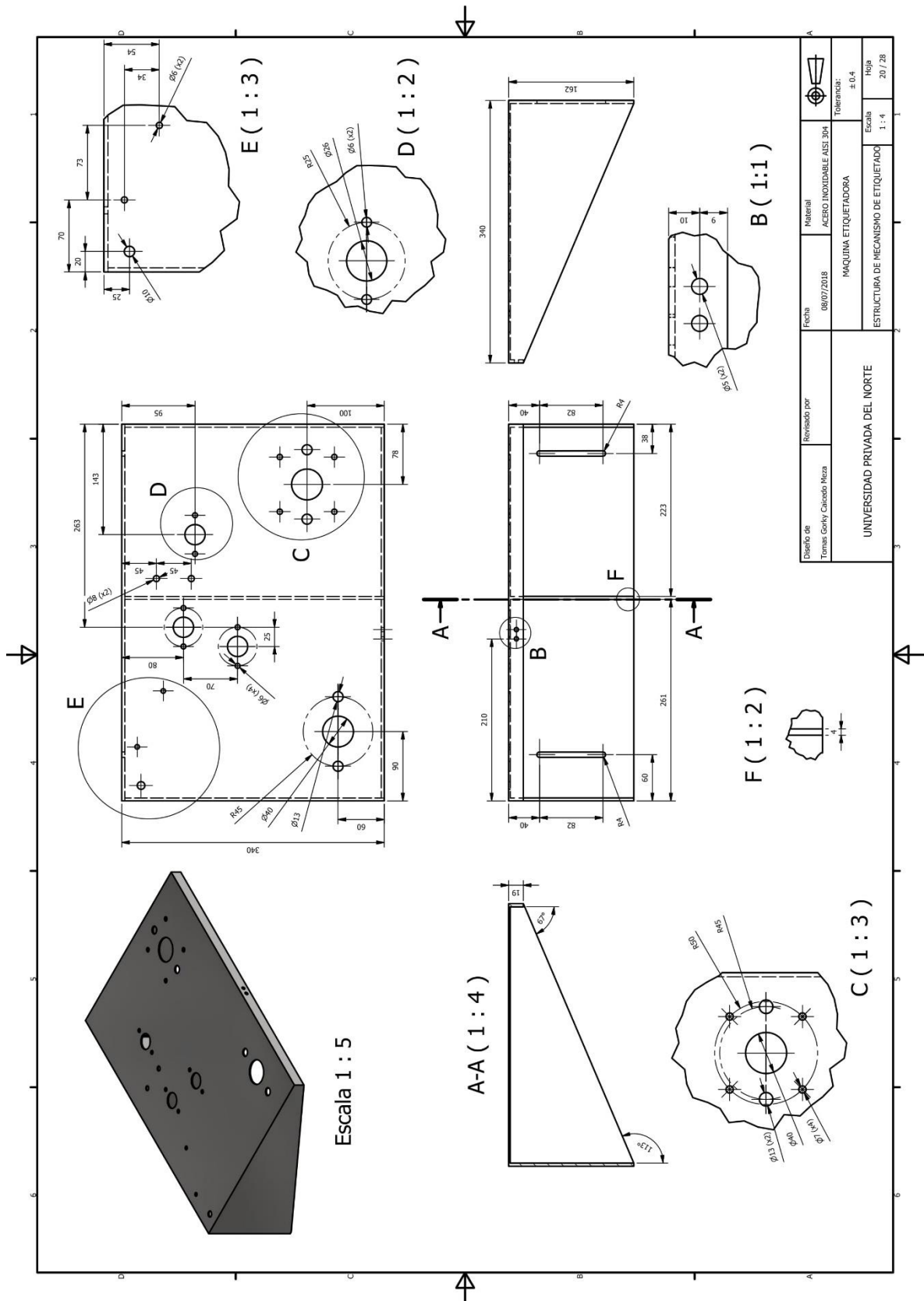
ANEXO n° 20. Eje guía de etiquetas.



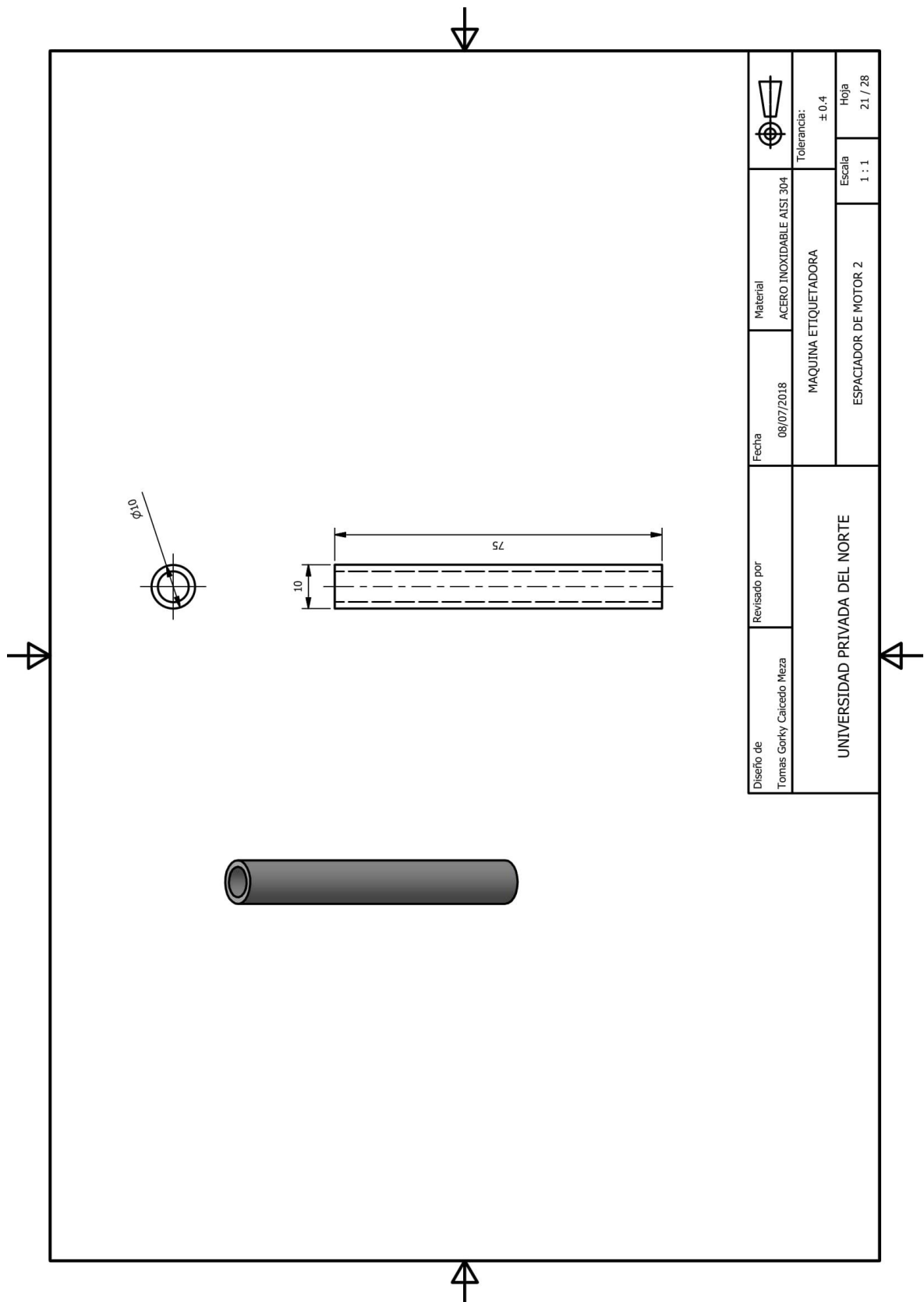
ANEXO n° 21. Base para rodamientos 628.



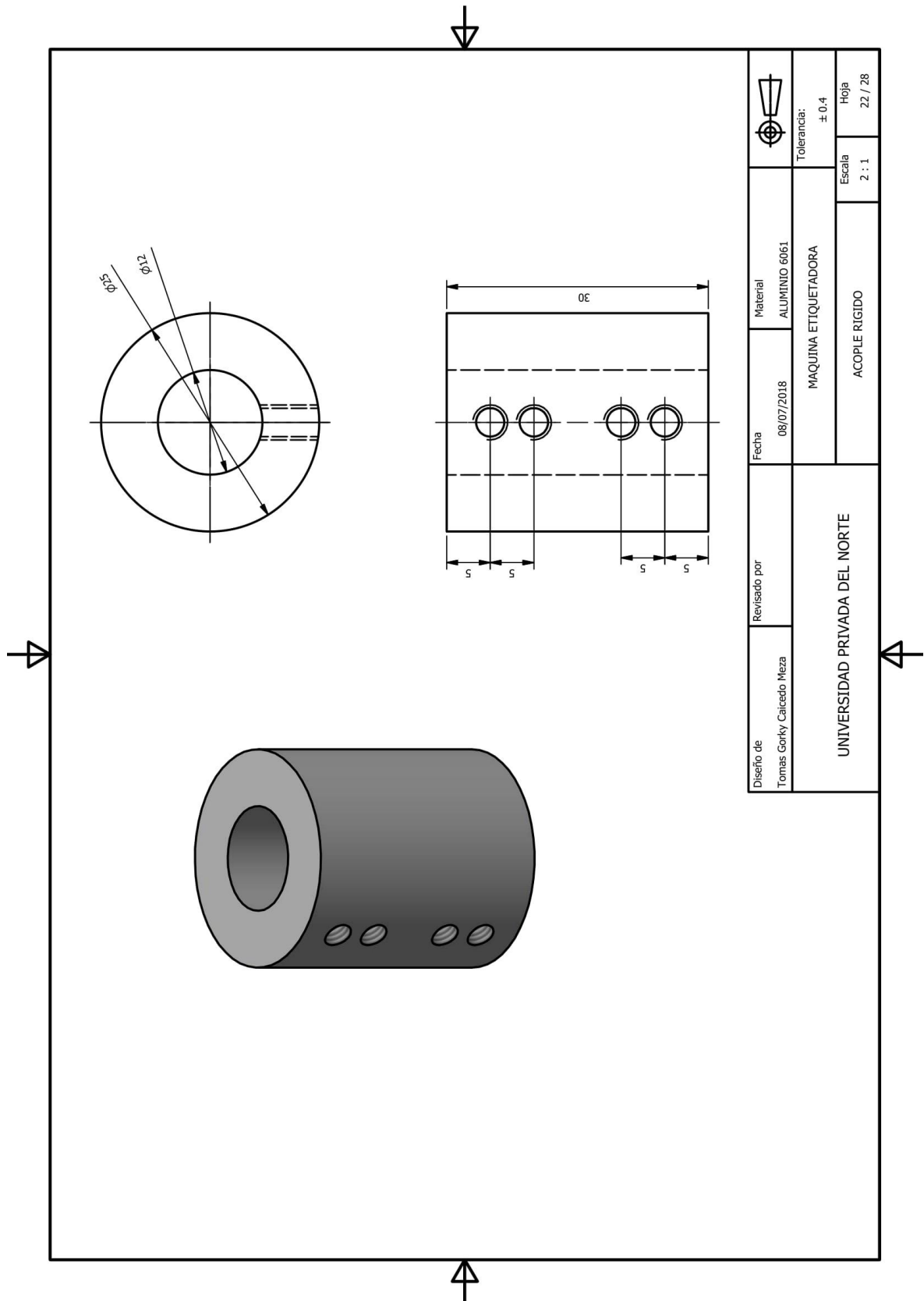
ANEXO n° 22. Estructura de mecanismo de etiquetado.



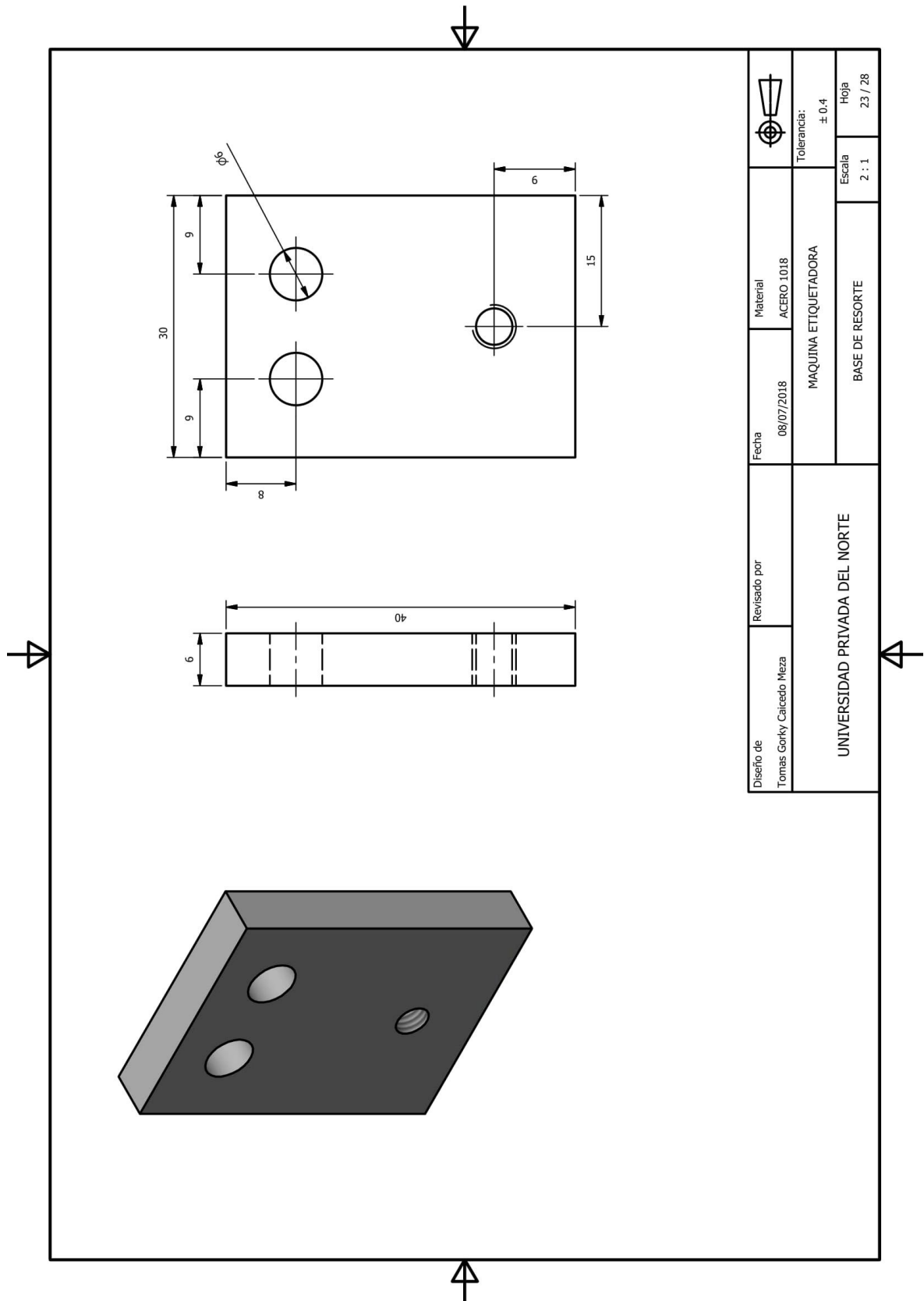
ANEXO n° 23. Espaciador de motor 2.



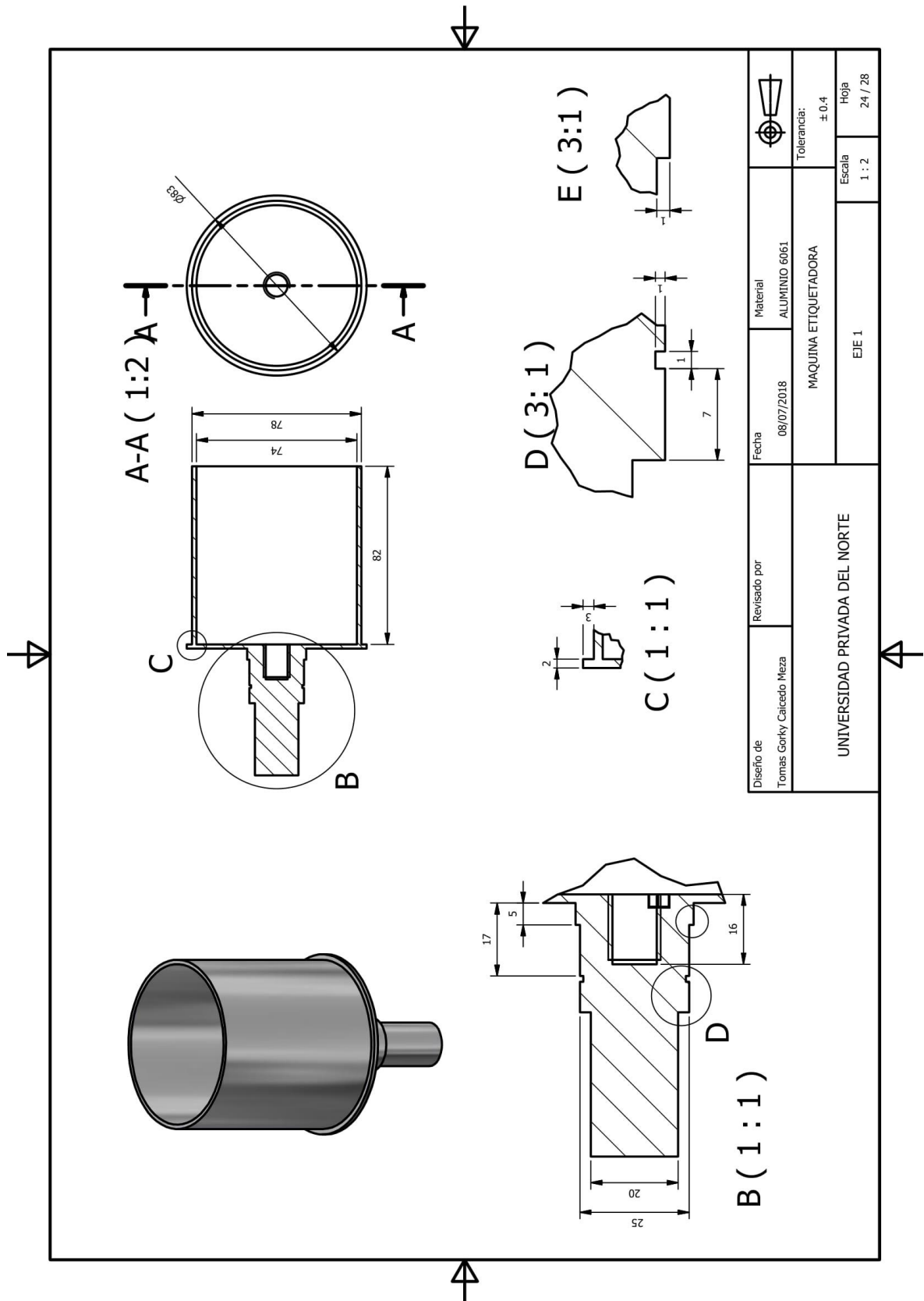
ANEXO n° 24. Acople rigido.



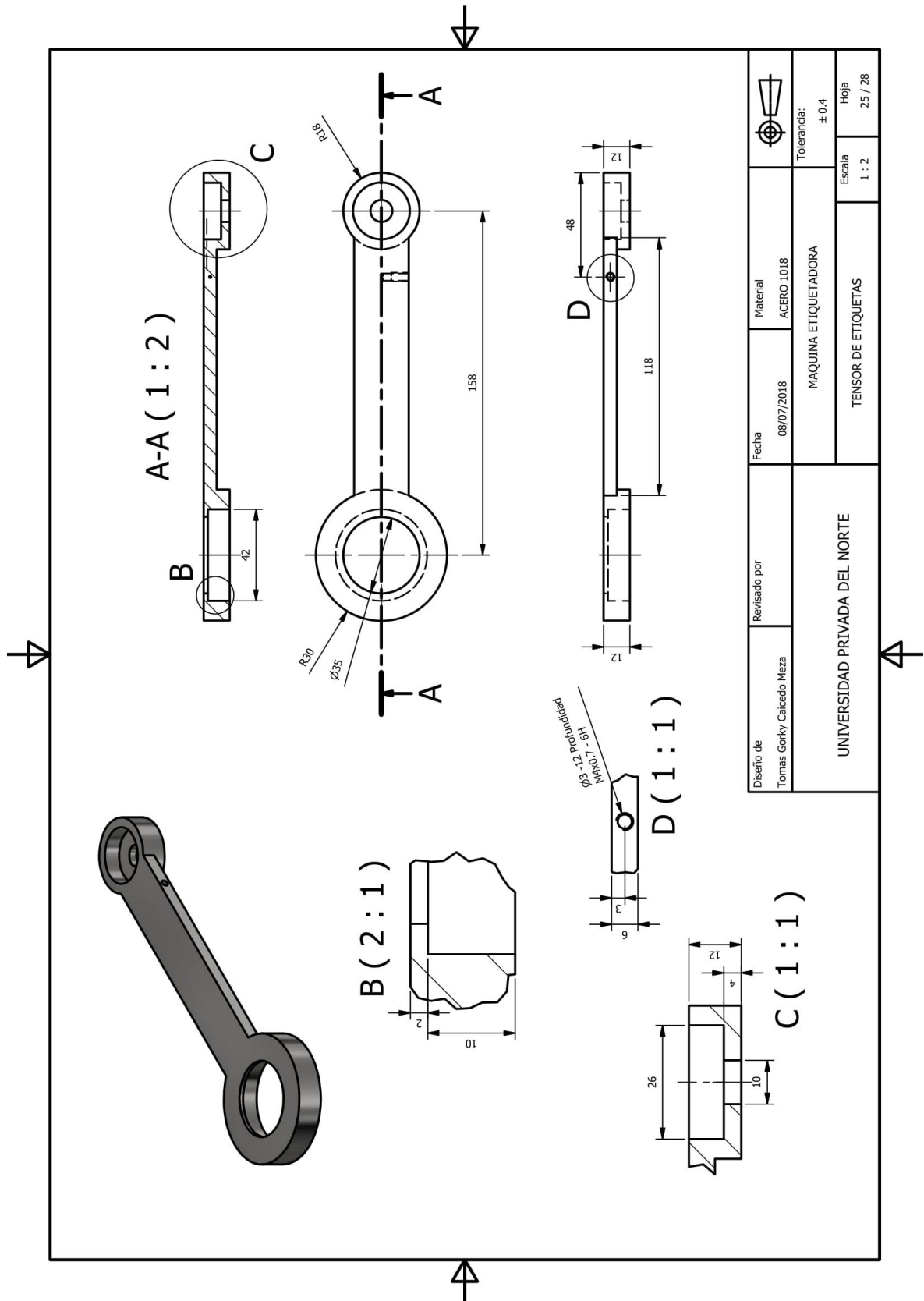
ANEXO n° 25. Base de resorte.



ANEXO n° 26. Eje 1.

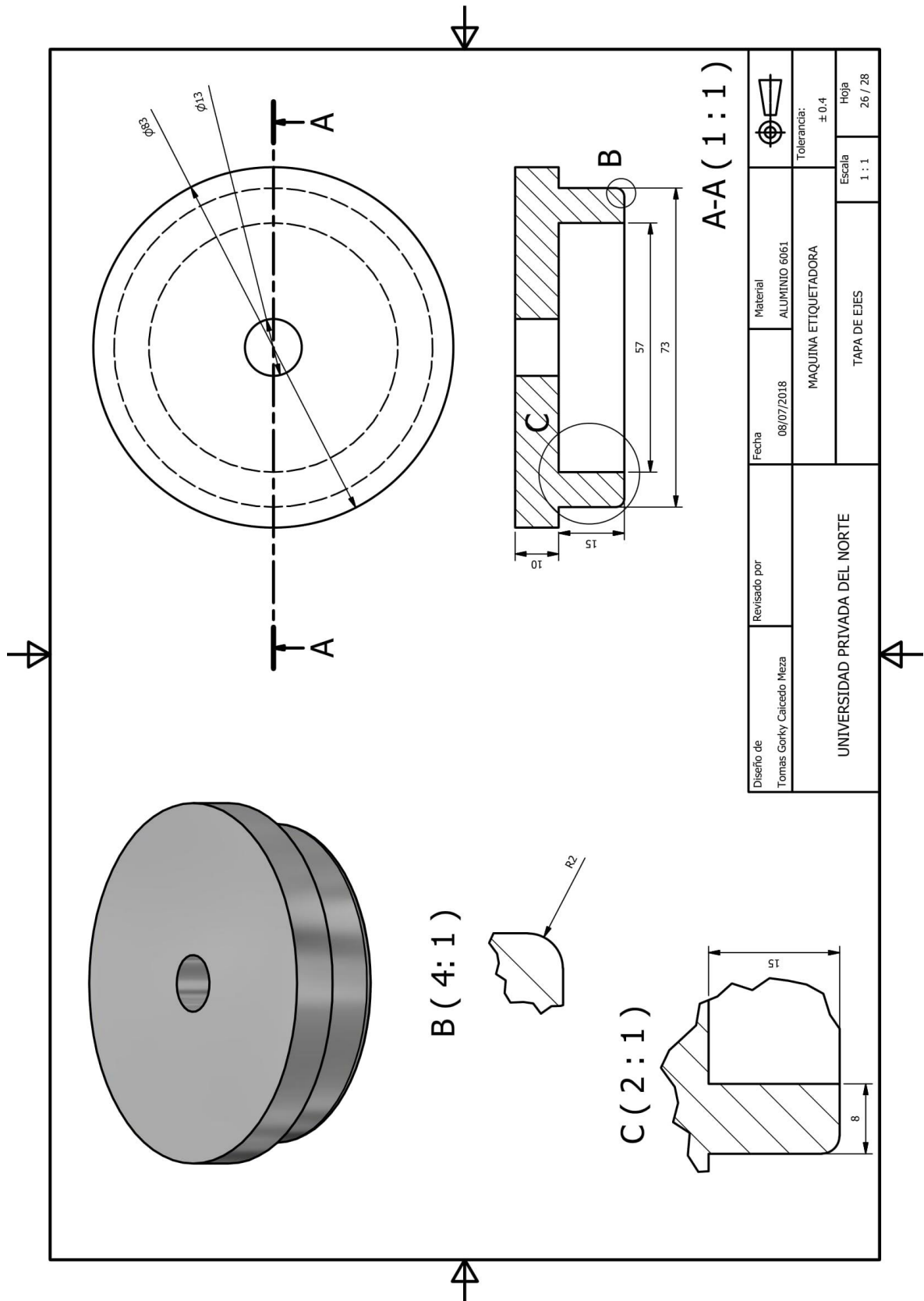


ANEXO n° 27. Tensor de etiquetas.

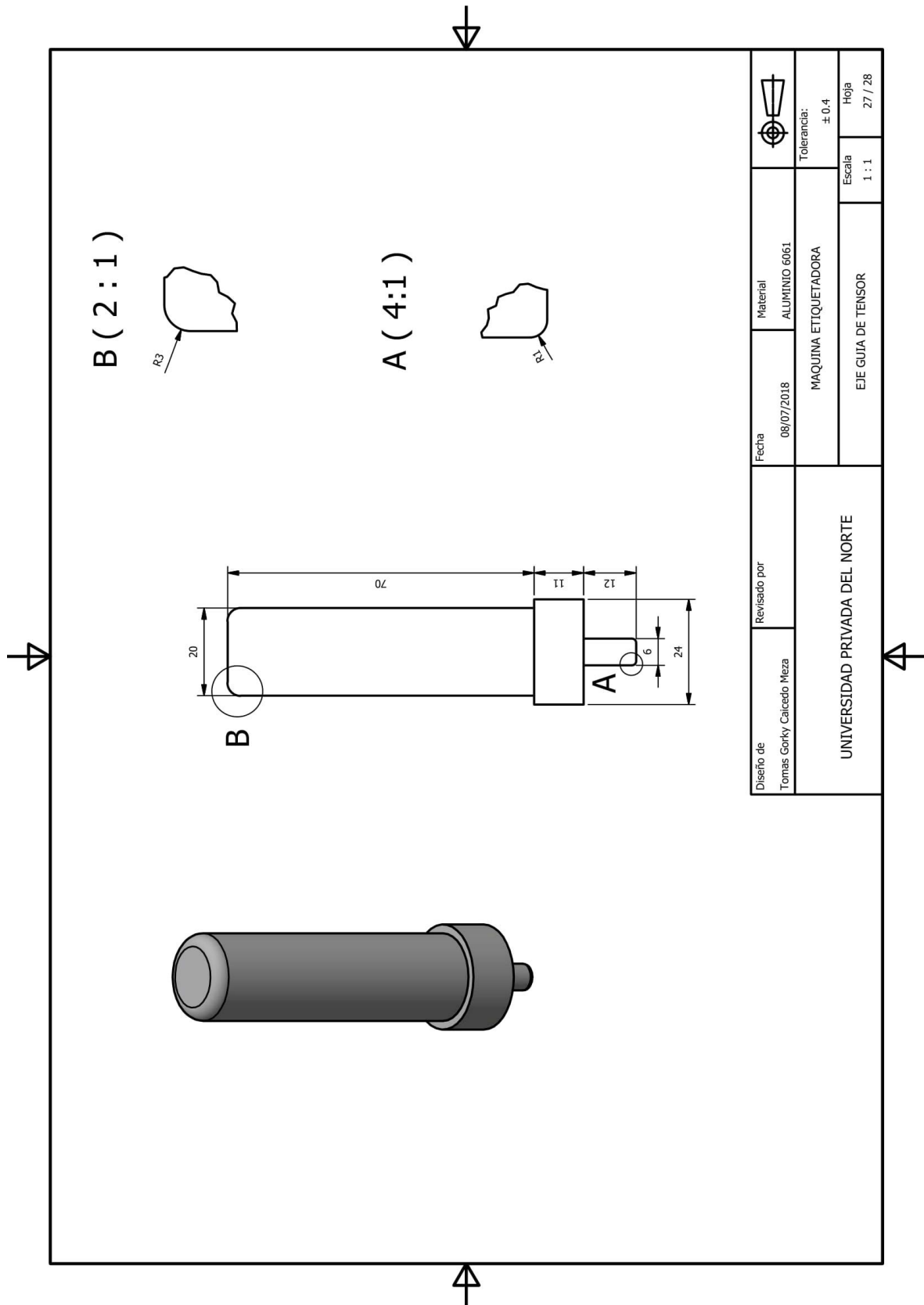




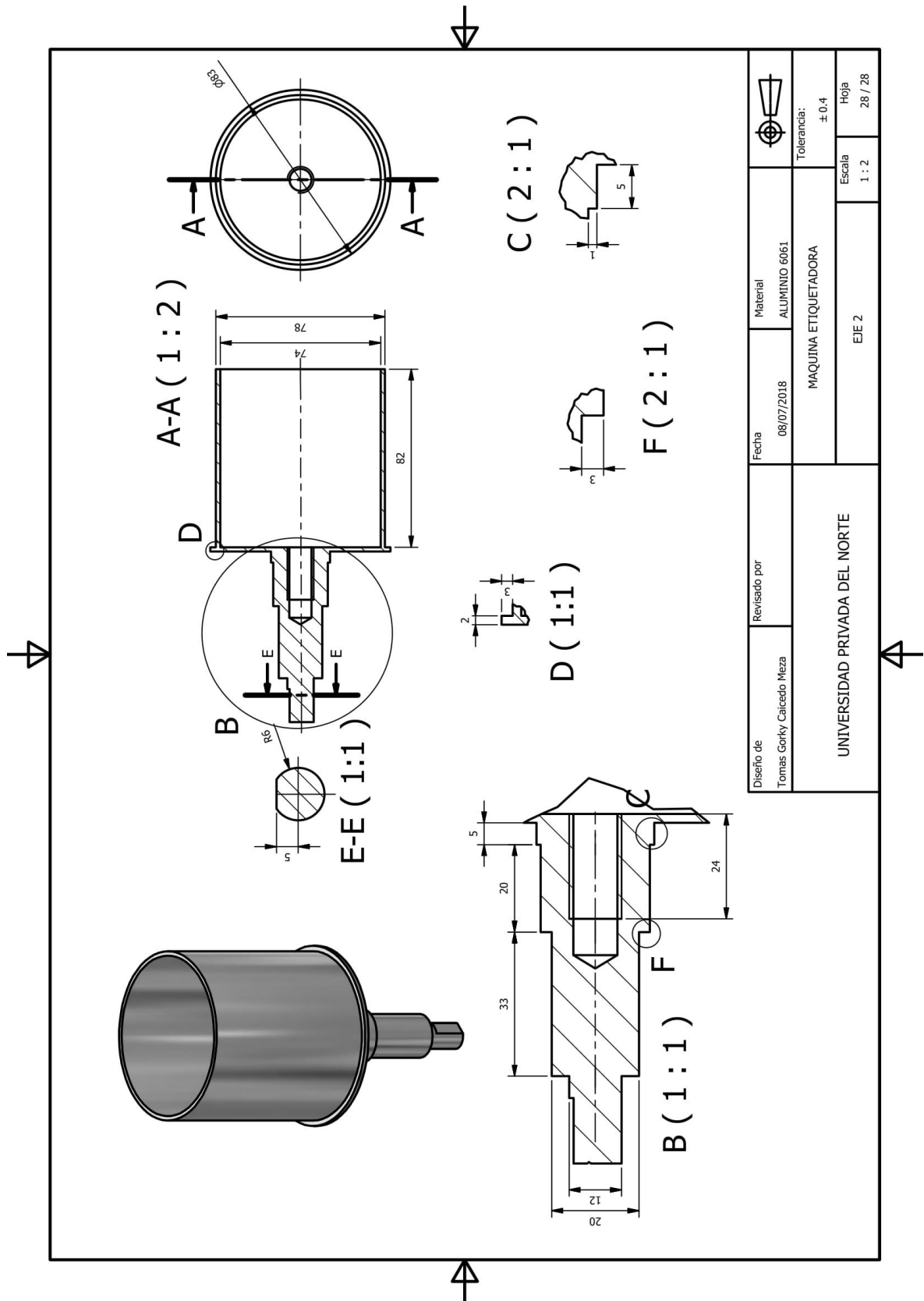
ANEXO n° 28. Tapa de ejes.



ANEXO n° 29. Eje de guía de tensor.



ANEXO n° 30. Eje 2.



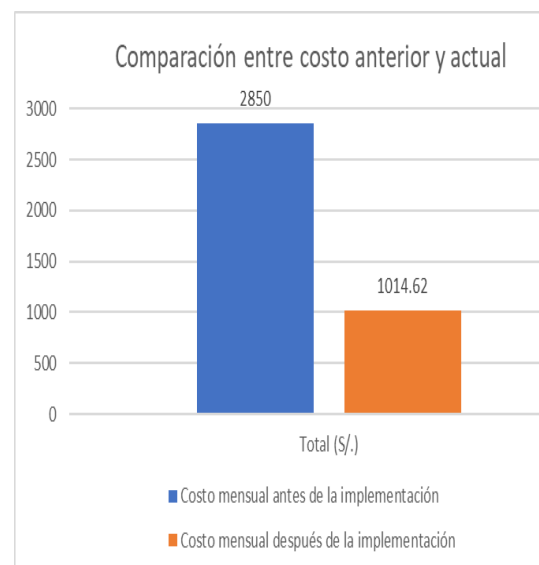
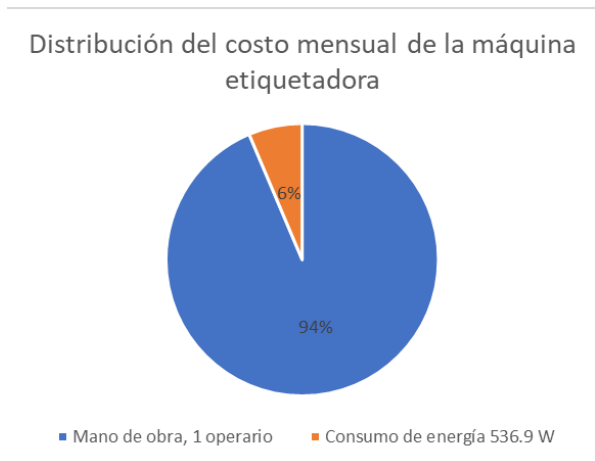
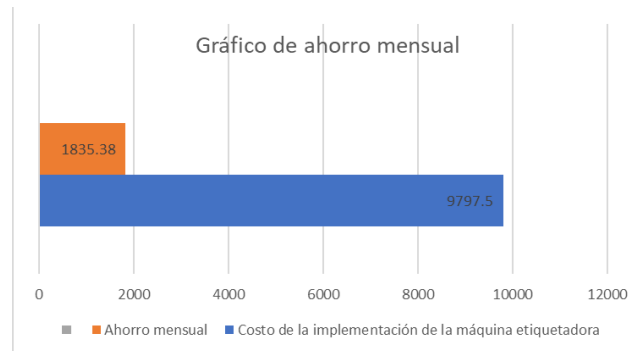
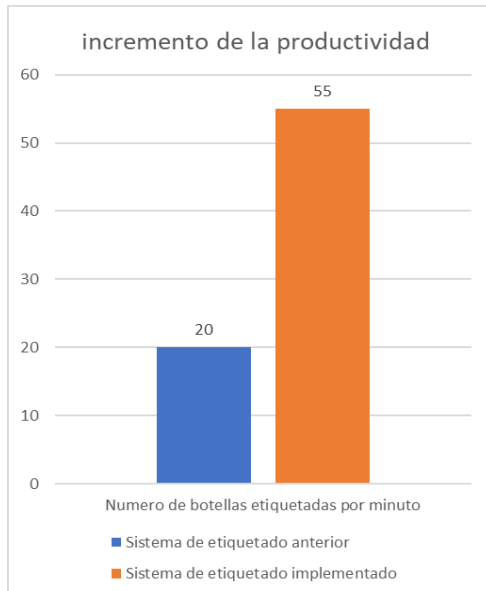
ANEXO n° 31. Proceso de fabricación de la máquina etiquetadora.



ANEXO n° 32. Máquina etiquetadora terminada.



ANEXO n° 33. Gráficos.



## ANTIPLAGIO

El presente documento describe algunas frases usadas en el desarrollo de la tesis que no son plagio, pues estas son coincidencias usadas en otras investigaciones o antecedentes, ante esto se detallan las palabras mencionadas:

- DE LA MÁQUINA ETIQUETADORA.
- SISTEMAS DE CONTROL.
- LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA ETIQUETADORA.
- DIAGRAMA DE FLUJO.
- DE LA BANDA TRANSPORTADORA.
- POTENCIA MECÁNICA EN EL TAMBOR MOTRIZ.
- MANO DE OBRA EN EL ÁREA DE.
- EN LA MEJORA DEL PROCESO.
- LOGRO INCREMENTAR LA PRODUCCTIVIDAD.
- ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD.
- PARA EL PROYECTO.
- DE GRAN ENVERGADURA.
- LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN.
- FUNCIONAMIENTO DE LA.
- PARA MARCHA SOBRE MESA.
- VELOCIDAD DE LA BANDA TRANSPORTADORA.
- EN LOS TIEMPOS DE ENTREGA DE LOS PRODUCTOS.
- DEL ETIQUETADO EN.
- DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN.
- COSTOS DE PRODUCCIÓN DE.
- ELÉCTRICO Y DE CONTROL.
- COMO RESULTADO UN INCREMENTO.

---

Bach. Tomas Gorky Caicedo Meza