



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

“Diseño de maquina roscadora para reducir el tiempo de producción
de tubos pvc de ½” hasta 2” en la empresa “Yacplast” – Chiclayo
2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Ramirez Vásquez, Wilmer Alexander (ORCID: 0000-0002-4309-7610)

ASESOR:

M. Sc. Davila Hurtado, Fredy (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento Y Simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO — PERÚ

2020

Dedicatoria

A mi madre Rufina Vásquez por darme la mejor educación y enseñarme que todas las cosas hay que valorarlas, trabajarlas y luchar para lograr los objetivos de la vida.

A mi padre Senobio Ramirez por toda la enseñanza y el apoyo que me ha brindado a lo largo de mi vida.

A mi pareja por el apoyo constante y a mi hija por ser el motivo para seguir adelante.

A mis hermanos(as) por estar en buenos y malos momentos de mi vida.

A mi tía Priscila Chávez por enseñarme que la inteligencia es la fuente de un hombre próspero y que estudiar es un valor incalculable de la vida.

A mi abuela Carmen Yacopaico por enseñarme a escuchar y comprender las cosas de la vida y aprender que el mejor músculo del hombre es el cerebro.

Y a todas las personas que siguen conmigo, dándome todas esas buenas vibras logrando así cumplir mi objetivo.

Wilmer

Agradecimiento

A Dios, quien me ha acompañado durante mis estudios, por todas las bendiciones derramadas en mi vida personal y profesional

A mis padres, quienes me aconsejaron, me enseñaron y me brindaron su apoyo en todo momento

A mi familia en general por la paciencia prestada, por las enseñanzas y por los métodos de mejora para este proyecto.

A nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Wilmer

Índice de contenidos

Carátula-----	i
Dedicatoria-----	ii
Agradecimiento-----	iii
Índice de contenidos-----	iv
Índice de tablas-----	v
Índice de figuras-----	vii
Resumen-----	1
Abstract-----	2
I. INTRODUCCIÓN-----	3
II. MARCO TEÓRICO-----	6
III. METODOLOGÍA-----	15
3.1. Tipo y diseño de investigación-----	15
3.2. Variables y operacionalización-----	15
3.3. Población y muestra-----	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad-----	16
3.5. Procedimiento-----	17
3.6. Métodos de análisis de datos-----	17
3.7. Aspectos éticos-----	18
IV. RESULTADOS-----	19
4.1. Diagnóstico del proceso actual del roscado en la empresa YACPLAST-----	19
4.2. Determinar los parámetros de diseño de la máquina roscadora-----	22
4.3. Seleccionar los componentes electromecánicos de la maquina roscadora empleando un software de diseño. -----	54
4.4. Realizar una evaluación económica empleando el VAN y el TIR. -----	63
V. DISCUSIÓN-----	69
VI. CONCLUSIONES-----	71
VII. RECOMENDACIONES-----	72
REFERENCIAS-----	73
ANEXOS-----	75

Índice de tablas

Tabla 01. Producción actual mensual con torno	19
Tabla 02. Cantidad de producción por hora.....	20
Tabla 03. Funciones del personal.....	20
Tabla 04. Estudio actual del proceso de roscado actual con tornillo.....	21
Tabla 05. Materiales	49
Tabla 06. Datos del eje, extraídos de software SolidWork.....	54
Tabla 07. Unidades	55
Tabla 08. Propiedades del material	55
Tabla 09. Cargas y sujeciones	55
Tabla 10. Carga Torsional	56
Tabla 11. Información de malla, detalles:	56
Tabla 12. Fuerzas de reacción	56
Tabla 13. Momento de reacción	57
Tabla 14. Resultados de Tensiones	57
Tabla 15. Resultados de Desplazamientos	58
Tabla 16. Deformación unitaria equivalente	58
Tabla 17. Unidades	59
Tabla 18. Propiedades del Material	59
Tabla 19. Fuerzas de Reacción.....	60
Tabla 20. Momentos de Reacción	60
Tabla 21. Resultados de tensiones	61
Tabla 22. Resultados de desplazamientos	61
Tabla 23. Resultados de deformación unitaria.....	62
Tabla 24. Costos de inversión	63
Tabla 25. Cantidad de roscas por tubo.....	64
Tabla 26. Producción de roscas	64
Tabla 27. Ganancia neta promedio mensual con roscadora.....	65
Tabla 28. Ganancia neta promedio mensual con torno	65
Tabla 29. Producción mensual con roscadora y producción mensual con torno	66
Tabla 30. Relación de ganancias promedio con ambas máquinas	66
Tabla 31. Mantenimiento mensual.....	66

Tabla 32. Mantenimiento anual	66
Tabla 33. Flujo de caja anual	67
Tabla 34. VAN	68
Tabla 34. Variable independiente	1
Tabla 35. Variable dependiente	1
Tabla 36. Información de contacto.....	6
Tabla 37. Información de malla – detalles	6
Tabla 38. Fuerzas de viga	6
Tabla 39. Tensiones de Viga.....	9

Índice de figuras

Figura 01. Partes de una Rosca.....	10
Figura 02. Par de roscas NPT a acoplarse.....	11
Figura 03. Torno para fabricar roscas.....	11
Figura 04. Roscadora.....	12
Figura 05. Vista Superior.....	24
Figura 06. Vista isométrica.....	24
Figura 07. Vista Izquierda.....	24
Figura 08. Vista frontal.....	24
Figura 09. Vista Isométrica.....	25
Figura 10. Vista Izquierda.....	25
Figura 11. Vista frontal.....	25
Figura 12. Vista Superior.....	26
Figura 13. Vista Izquierda.....	26
Figura 14. Vista frontal.....	26
Figura 15. Diagrama de cuerpo libre.....	27
Figura 16. Pieza de Chasis a calcular. Vista Izquierda.....	29
Figura 17. Vista izquierda.....	33
Figura 18. Vista Isométrica.....	33
Figura 19. Vista frontal.....	33
Figura 20. Vista isométrica.....	34
Figura 21. Vista Superior.....	36
Figura 22. Vista Isométrica.....	36
Figura 23. Vista Izquierda.....	36
Figura 24. Vista frontal.....	36
Figura 25. Vista Isométrica.....	37
Figura 26. Vista Izquierda.....	37
Figura 27. Vista frontal.....	37
Figura 28. Vista Isométrica.....	38
Figura 29. Vista Izquierda.....	38
Figura 30. Vista frontal.....	38
Figura 31. Vista Isométrica.....	41
Figura 32. Vista Izquierda.....	41

Figura 33. Vista frontal	41
Figura 34. Vista Superior.....	44
Figura 35. Vista Isométrica.....	44
Figura 36. Vista izquierda.....	44
Figura 37. Vista Superior.....	45
Figura 38. Vista Isométrica.....	45
Figura 39. Vista frontal	45
Figura 40. Vista Superior.....	46
Figura 41. Vista Isométrica.....	46
Figura 42. Vista Izquierda.....	46
Figura 43. Vista frontal	46
Figura 44. Vista Isométrica.....	46
Figura 45. Vista específica	48
Figura 46. Vista Isométrica.....	48
Figura 47. Vista Izquierda.....	48
Figura 48. Vista frontal	48
Figura 49. Vista isométrica	51
Figura 50. Vista isométrica	51
Figura 51. Esquema de Automatización.....	53
Figura 52. Vista isométrica	53

Resumen

En la presente investigación se buscó responder ¿En cuánto se puede reducir el tiempo de producción de accesorios roscados mediante una máquina roscadora de tubos de PVC de ½" y 2" en la empresa YACPLAST?, para lo cual se planteó diseñar una máquina roscadora para reducir el tiempo de producción de tubos de PVC entre ½" y 2" en la empresa YACPLAST. Como parte de la metodología se empleó una investigación aplicada-explicativa, bajo diseño no experimental, considerándose como muestra el proceso de roscado de la empresa Yacplast. Para lo cual, se aplicó la técnica de análisis documental y la observación, cuyos instrumentos fueron la hoja de observación y la ficha de investigación. Los resultados mostraron que el diagnóstico del proceso de roscado actual en la empresa YacPlast, realizado en el torno es lento y la producción es muy poca a comparación de usar una máquina roscado, siendo el tiempo de ciclo de producción de 68.56 minutos. la empresa Yacplast se beneficia de forma productiva y económica al adquirir una máquina roscadora de tubos, ya que sus ganancias y su producción crecerían en un promedio de un 150% más que los números obtenidos utilizando un torno para este proceso. Concluyéndose que, la inversión que se requiere es de S/ 8,569.00 por la máquina roscadora de tubos.

Palabras clave: Tiempos, reducción, máquina roscadora de tubos.

Abstract

In the present investigation, we sought to answer: How much can the production time of threaded accessories be reduced by means of a ½ "and 2" PVC pipe threading machine at the YACPLAST company? reduce the production time of PVC pipes between ½ "and 2" in the YACPLAST company. As part of the methodology, an applied-explanatory investigation was used, under a non-experimental design, considering the Yacplast threading process as a sample. For this, the documentary analysis and observation technique was applied, whose instruments were the observation sheet and the research sheet. The results showed that the diagnosis of the current threading process in the YacPlast company, carried out on the lathe, is slow and the production is very little compared to using a threaded machine, with a production cycle time of 68.56 minutes. The Yacplast company benefits productively and economically by acquiring a tube threading machine, since its profits and production would grow by an average of 150% more than the numbers obtained using a lathe for this process. Concluding that the investment required is S / 8,569.00 for the tube threading machine.

Keywords. Times, reduction, tube threading machine.

I. INTRODUCCIÓN

El tubo es ideal para muchos trabajos y tienen un sin números de usos; estos han sido maniobrados desde tiempos remotos.

A nivel industrial tiene un buen beneficio ya que se puede manejar en muchas actividades.

A nivel nacional “Eurotubo Comercial”, nos da a conocer lo siguiente:

Que no tienen una máquina que pueda realizar el avance de forma automatizada de roscado en tuberías de PVC por el principal motivo que es el costo del equipo, es por eso que lo hacen de forma manual con una terraja. (Severino, 2019, párr.5).

Por otro lado, Jasplat, contrata a empresas terceras que lo apoyan al roscado de los tubos de clase 10 por el simple motivo de que no puede costear los gastos de inversión en máquinas por el elevado costo. (Hacha, 2019, párr.4).

En el mismo rubro Yacplast, es una empresa que se dedica principalmente al termo formado de accesorios sumamente en PVC, es de que no haga ese tipo de actividades es por qué no cuenta con máquinas roscadoras.

Las consecuencias que se presentan al final de lo explicado es que sufren demoras en los trabajos, retrasos en los cronogramas establecidos, sumado a esto los trabajos más hechos.

La problemática principal de la empresa, es no haber desarrollado el trabajo cronometrando tiempos de trabajo para ver cuanto demora en producir la máquina.

Por ello se desconoce, sobre cuál es la capacidad de producción, el origen de la baja calidad en cada sección y el incumplimiento de los plazos establecidos con nuevos clientes, viéndose reflejado en pérdidas temporales tales como económicas.

Se formulo la siguiente interrogante ¿En cuánto se puede reducir el tiempo de producción de accesorios roscados mediante una máquina roscadora de tubos de PVC de ½” y 2” en la empresa YACPLAST?

La presente investigación, se justifica como una innovación en el rubro metalmecánico que ayudó a la producción de roscado en PVC.

Con la realización de este tipo de maquina se pretende generar un llamado de atención a las pequeñas empresas que se desempeñan en este rubro para que puedan realizar su fabricación.

Como justificación económica, esta máquina va a permitir que la empresa tenga mayor producción y bajo costo de mantenimiento.

Como justificación ambiental, no genera daños al medio ambiente y no genera daños de emisión de gases.

Como objetivo general se planteó, diseñar una máquina roscadora para reducir el tiempo de producción de tubos de PVC entre ½” y 2” en la empresa YACPLAST, con objetivos específicos:

- Realizar un diagnóstico del proceso actual del roscado en la empresa YACPLAST.
- Determinar los parámetros de diseño de la máquina roscadora.
- Seleccionar los componentes electromecánicos de la máquina roscadora empleando un software de diseño.
- Realizar una evaluación económica empleando el VAN y el TIR.

Formulando la siguiente hipótesis, es factible reducir el tiempo de producción de accesorios roscados de PVC ente ½” y 2” mediante el diseño de una máquina roscadora, identificando la relación entre sus parámetros de operación con dicha variable del tiempo de producción.

II. MARCO TEÓRICO

Aguas; Salinas (2013), añade que:

Se tuvo una propuesta de fabricación de una maquina roscadora NTP, esto se llevo con un material más duro para evaluar si se puede maquinar. En la parte móvil mecánica en este caso el motor, su capacidad de trabajo fue de 82.68%, sumado a esto que tiempo de roscado es al muy satisfactorio 124.31 segundos.

Calderón (2015),

Este autor nos muestra como objetivo principal de su investigación es dar una solución en el roscado de botellas. El autor uso método cuantitativo. El tiempo de programación de maquina – hombre fue de botellas/h.

Valerazo (2018), refiere que:

Usó como material para roscar y dicho sea de paso es más barato y blando es el aluminio que se utiliza para medicina y envases de botellas de licor. El autor se inclinó por una maquina de menos precio pero que igual tiene ventajas como fabricación de pieza y de un fácil mantenimiento.

Osorio (2016) en su investigación:

El autor empleo metodología no experimental. Se obtuvieron 99 datos para obtener un analices de la variable, esto conlleva al resultado de que la empresa tendría un ahorro considerable.

Zavala (2018) en su investigación:

El objetivo principal fue optimizar y mejorar la eficiencia en el trabajo de tubos de ½" a 4". La finalidad es mejorar en proceso continuo en un diseño no experimental. En las fallas que se investigaron F y C suman aproximadamente el 80% del total. Concluye que la utilización y la innovación con nuevos formatos cumplen con los requerimientos esperados como: biselado, roscado.

En trabajos previos a nivel nacional,

Acuña (2018) sostiene que:

El analizar el proceso de fabricación de tubos de PVC necesito de la ayuda de utilizar metodología de tipo aplicada con un diseño cuasi-experimental. Se obtuvo como resultados que el estudio de trabajo es una de las herramientas importantes que concede para tener un mayor índice de productividad en la fabricación de tubos; la productividad es de 67.41%, luego 21.09% sumado esto dio una satisfactoria cantidad de 88.50%. al final de un arduo trabajo se logró llegar al 93.26%.

Condori (2019), concluye que:

El objetivo principal para esta investigación es conocer el control mecatrónica automatizado para plantas a nivel industrial ya se en prototipos de menor y mayor tamaño. En esta investigación se dio inicio a elaborar una envasadora de alcohol con una metodología aplicada no experimental. La productividad a un inicio fue de 67.41%, luego se aumentó un porcentaje de 21.09 dando un promedio final de 88.5%. La conclusión e esta investigación es que se debería ejecutar un nuevo estudio de método de tiempos.

Luego de haber dado una breve descripción de trabajos previos, describe algunas teorías relacionadas al tema que se está investigando como el sistema de roscas, variedad de roscas, etcétera que se usan a nivel industrial. (Aguas Mosquera, y otros, 2013).

Para evitar una posible confusión y llegar a terminar un proceso más eficiente se han normalizado en distintos países una dimensión definida que se pudo clasificar de acuerdo a forma y función de cada accesorio. (AguasMosquera, y otros, 2013).

Los tipos de roscas que se pueden identificar son la métrica Whitworth, NPT, UNC (Rosca unificada normal), UNF (Rosca unificada paso fino), Roscas trapeciales o trapezoidales, BS 21: Roscas para conexiones y tubos de paredes delgada.

Las diferencias son:

La métrica tiene un ángulo de espiras de 60° , y la whitworth 55° .

La conexión más conocida y ampliamente empleada donde la rosca de tubería provee tanto unión mecánica como sello hidráulico, UNC: Rosca de hilo gruesa recomendable para uso general de la ingeniería, UNF: Rosca de hilo fino.

Las roscas que se forman tienen una forma triangular, trapeciales, cuadradas o circulares.

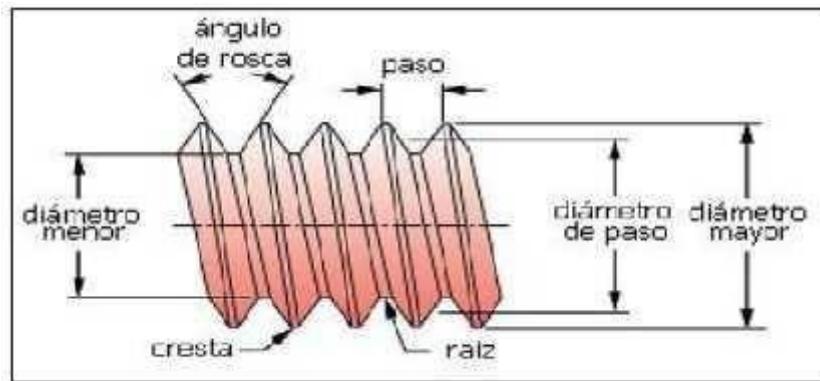


Figura 1. Partes de una Rosca

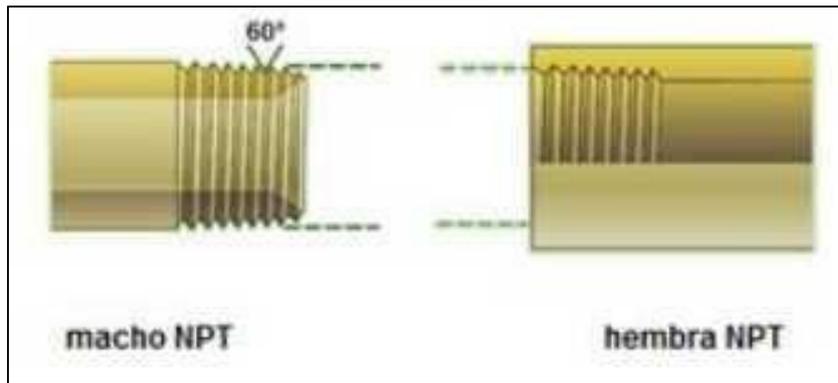


Figura 2. Par de roscas NPT a acoplarse

La fabricación se puede realizar en una maquina mecánica convencional como un torno donde a través de las revoluciones que se dan y con el eje de roscas se puede hacer el roscado interno o externo a piezas. (Aguas Mosquera, y otros, 2013).

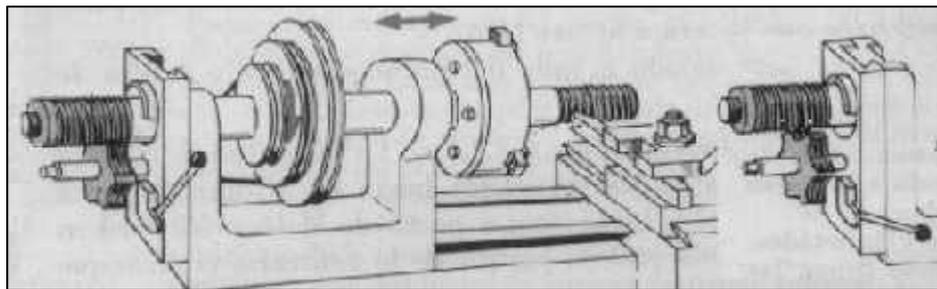


Figura 3. Torno para fabricar roscas

Una roscadora eléctrica, se utiliza un motor que ayuda a revolucionar para que con las cuchillas se realice el corte y cree las roscas. (Aguas Mosquera, y otros, 2013).



Figura 4. Roscadora

El cálculo para la ejecución de rosca métrica, teniendo en cuenta que, d es el

diámetro del núcleo, D es el diámetro nominal del tornillo, P = paso de rosca, h = la profundidad de la rosca.

En el cálculo de la altura del filete o profundidad de la rosca es $= 0,7 \times P$ El diámetro del núcleo del tornillo es: $d = D - (1,4 \times P)$ El diámetro del taladro para la realización de la tuerca: $D = d - (1,3 \times P)$

Es decir, el DM es de 8 mm esa será la medida de la máquina.

cuando el diámetro nominal del tornillo es de ocho milímetros o inferior directamente el paso al diámetro y esa sería la medida de la máquina.

Para el cálculo para la ejecución de rosca Whitworth, se tiene el cálculo de la altura del filete o la profundidad de la rosca es: $h = 0,64 \times P$. El diámetro del núcleo del tornillo: $= D - (1,28 \times P)$

En la medición de roscas, se puede usar un método ideal de pasa o no pasa (Ridgid, 2017).

Para medidas inferiores se emplea un calibre constituido normalmente por un eje en cuyos extremos lleva dos roscas.

En las roscas para poder identificar el número de hilos se tiene que tener un peine de roscas para ver el número de hilos en pulgadas o mm. (Condori Sosa, 2019).

Tornillos de rosca chapa autorroscantes, son aquellas que tienen una punta de forma cónica y que con los respectivos rpm se va ajustando por su rosca.

Los tornillos de autoperforantes, son aquellos que tienen una punta en forma de broca que ayuda a su perforación. (Gerling, 2016).

Se le llama tiempo de roscado al tiempo que se demora el mecánico en realizar el agujero con un taladro.

$$t_r = \frac{L \times N \times x^2}{n \times p}$$

En donde t_r : tiempo de roscado, L: longitud de la rosca, N_p : Número de pasas, n: número de revoluciones por minuto (rpm) y p: paso de la rosca

$$p = \frac{a}{N}$$

En donde, av: avance y nv, el número de vueltas

Cuando se tiene un recalentamiento de la cuchilla de roscado se debe tener una buena lubricación con aceite de una perfecta viscosidad.

Para realizar el roscado antes de, se tiene que realizar un check list de cuchillas para ver si se encuentra bien afilada y en el ángulo exacto

Para que la maquina funcione correctamente se debe tener una correcta instalación eléctrica, tener una verdadera y buena lubricación sin saltar pasos. (INEM, 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación, empleado es aplicada – explicativa:

- Aplicada

Es aplicada ya que con las teorías que se han evaluado e identificado se llevó a la practica con mediciones de tiempo de roscado. (Rodríguez, 2017, p.126).

- Explicativa

La investigación se evaluó los ~~tps~~ ^{tps} de producción de roscado en tubos de PVC de ½" hasta 2" de la empresa Yacplast, con el fin de determinar posibles mejoras con el nuevo diseño de la máquina, tomando como base anteriores investigaciones.

Diseño de investigación

Es no experimental por lo que solo se analizó la variable de tiempo de producción, para determinarlo un antes y después.

3.2. Variables y operacionalización

- Variable independiente:

Diseño de máquina roscadora.

- Variable dependiente:

Tiempo de producción.

Posterior a ello, se muestra la matriz de operacionalización (Anexo 1).

3.3. Población y muestra

Población

El proceso de roscado de las distintas empresas de Chiclayo.

Muestra

Se tomó como muestra el proceso de roscado de la empresa Yacplast, por ser un proceso primordial, que se presenta cuellos de botellas y está generando desperdicios por emplear una maquina inapropiada.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Análisis documental

Para esta investigación se tuvo que revisar algunos informes de máquinas roscadoras.

Observación

La investigación se empleó para describir el proceso de roscado de tubos de ½ “ hasta 2”, así como el comportamiento de los operarios, cuando realizan el proceso de roscado en el torno.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Hoja de observación

Para que el investigador tenga un abal donde poder presentar información se maneja la hoja de observación (Sampieri, 2014, p.166).

Este instrumento se uso para plasmar la información clasificada para poder desarrollar mi tesis.

Ficha de Investigación

Se realizo una ficha de investigación para detallar algunas características del roscado, materiales, tiempos, etcétera.

3.4.3. Validez

En esta investigación se tuvo la aprobación y la validación de ingenieros mecánicos especialistas de la materia.

3.4.4. Confiabilidad

Este trabajo tendrá la seguridad de la veracidad de las conclusiones obtenidas, por lo que se procedió a plasmar información idónea y autentica.

3.5. Procedimiento

Se realizó el diagnóstico del proceso actual del roscado en la empresa YACPLAST, haciendo uso de la guía de observación y del análisis documental, se registra cual es la etapa del proceso de roscado en el torno, determinando los tiempos de producción, la cantidad de producción, el total de mano de obra, posterior a ello se determinará los parámetros, para lograr el diseño de la máquina roscadora, haciendo uso de cálculos para seleccionar los componentes adecuados. Para el diseño de la máquina roscadora, se empleó el software SolidWorks, posterior a ello, se determinó si es viable la propuesta.

3.6. Métodos de análisis de datos.

Se procedió a plasmar los datos en hojas de Excel, Word y blog de apuntes de toda información recalada. Se utilizó SolidWorks y VAN y TIR.

3.7. Aspectos éticos.

En esta investigación se tiene la certeza que lo que se muestra en esta tesis es auténtica con citas y guardando siempre el respeto de lo mostrado sin generar daño alguno en alguien.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del proceso actual del roscado en la empresa YACPLAST

Empresa Yacplast, sus principales actividades de fabricación son los NIPLES seguido de curvas, reducciones, tee, yee, codos, entre otros.

Los niples se caracterizan por tener ambos extremos roscados, esto sirven para unir tubería y conexiones, por lo regular son del mismo material al que pertenece la tubería, estos accesorios van dirigido a los gasfiteros y al mundo ferretero en general.

Tabla 1. *Producción actual mensual con torno*

PRODUCCIÓN ACTUAL MENSUAL CON TORNO			
NIPLES	PRODUCCIÓN	PRECIO UNIDAD	TOTAL
1/2"	2000 A 3000	s/ 0.20	s/ 400 A 600
3/4"	1500 A 2000	s/ 0.50	s/ 750 A 1000
1"	1000 A 1500	s/ 0.80	s/ 800 A 1200
1 1/4"	500 A 1000	s/ 1.00	s/ 500 A 1000
1 1/2"	1500 A 2500	s/ 1.00	s/ 1500 A 2500
2"	2500 A 3500	s/ 1.20	s/ 3000 A 4200

Fuente. Elaboración propia

En la actualidad, el proceso de roscado que realiza la empresa YACPLAST, se realiza de la siguiente manera:

El operario que se encarga de realizar el roscado, transporta el tubo PVC que se someterá al proceso, al torno, mientras que éste se gradúa de acuerdo las dimensiones que se necesitan para luego realizar la rosca en un período de 20 minutos aproximadamente.

Luego, otro operario interviene para cortar el tubo, en un período de 5 minutos.

Posterior a ello, se realiza el limpiado del tubo roscado, quitando de éste todos los residuos como polvo y escoria, con la finalidad de evitar la mala calidad del producto.

La producción de roscas se realiza por lotes, teniendo en cuenta los distintos diámetros de tubos a trabajar, tendremos un respectivo stock de seguridad diario.

A través de un conteo rápido por parte de uno de los trabajadores de la empresa, se sacó una cantidad de producción por hora de roscas.

Tabla 2. *Cantidad de producción por hora*

Tubos/diámetro	Producción por hora (roscas)
1/2 "	100
3/4 "	85
1"	70
1 1/4 "	60
1 1/2"	55
2"	50

Fuente. Elaboración propia

La empresa cuenta con 5 trabajadores, y cada uno de ellos cumple una función distinta.

Tabla 3. *Funciones del personal*

Trabajadores	Función
1 trabajador	Cortar y habilitar el material
2 trabajadores	Realizar los accesorios en PVC, tales como tee, yee, codos, curvas, reducciones, etc.
1 trabajador	Realiza el roscado en el torno.
1 trabajador	Los acabados y alista los pedidos para entregar.

Fuente. Elaboración propia

Como podemos apreciar en la tabla 1, el proceso de roscado en el torno es lento y la producción es muy poca a comparación de usar una máquina roscado.

Al final del proceso, los resultados no son los requeridos, obteniendo productos con acabados pobres y empleando más tiempo para poder mejorar el producto.

Tabla 4. Estudio actual del proceso de roscado actual con tornillo

	Actividades	Tiempo del proceso de roscado (Lote de 80 unidades)					T observado	Valoración	Tiempo básico	Suplementos	Tiempo tipo
		T1	T2	T3	T4	T5				15%	
5 trabajadores	Recepción de la materia prima	6.2 min	7.2 min	6.3 min	4.5 min	6.3 min	6.1 min	100%	6.1 min	0.915 min	5.5815 min
	Se marca el tubo con la medida adecuada	5.3 min	2.3 min	10.2 min	4.2 min	2.3 min	4.86 min	100%	4.86 min	0.729 min	3.5429 min
	Se transporta a la cortadora de tubos	3.6 min	4.2 min	4.1 min	4.5 min	4 min	4.08 min	100%	4.08 min	0.612 min	2.497 min
	Se corta el tubo	20.5 min	22 min	23.6 min	21.2 min	18.5 min	21.16 min	100%	21.16 min	3.174 min	67.162 min
	Se transporta al torno para el roscado	4.1 min	5.3 min	3.5 min	4.5 min	4.8 min	4.44 min	100%	4.44 min	0.666 min	2.957 min
	Se realiza el roscado	25.6 min	22.3 min	24.2 min	21.3 min	22.6 min	23.2 min	100%	23.2 min	3.48 min	80.736 min
	Se limpia el tubo	5.2 min	5.6 min	6.3 min	4.2 min	2.3 min	4.72 min	100%	4.72 min	0.708 min	3.3418 min
	Total, de tiempo observado										165.82 min
Total, tiempo básico									68.56 min		
Total, tiempo ciclo						68.56 min					

Fuente. Elaboración propia

4.2. Determinar los parámetros de diseño de la máquina roscadora

- **Material a usar:** se usó el acero ASTM A36 con un ensayo de dureza Brinell.
- **Dimensiones:** Se consideró la altura promedio de una persona (1.68m) para el fácil manejo de la máquina, asimismo se considera la distancia entre poleas. Para piezas como la terraja, prensa y cortadora de tubos, se consideró el diámetro máximo y mínimo de los tubos a trabajar, así como también la dureza del material a enroscar. Para piezas como la brida, caja y tuerca, se consideró el diámetro del eje.
- **Velocidad de salida:** para tubos de ½" hasta 2" se necesitan 36 rpm de velocidad.
- **Alimentación del equipo:** Se dio mediante un motor eléctrico, el cual tuvo las condiciones de potencia que se requieran para la transmisión que se necesita, por lo tanto, se requirió entre 1 y 3 HP con corriente de 220 v.
- **Manejo del equipo:** el manejo del equipo fue automático, contando con un tablero eléctrico y dentro de éste los circuitos y llaves con las capacidades necesarias. En un costado de la máquina se tendrán 2 pulsadores eléctricos, uno para activar la roscadora, haciendo así que sólo se necesite activar la roscadora para que el trabajo se

haga por sí solo, y otro pulsador para parar la máquina cuando surja algún inconveniente al momento del proceso.

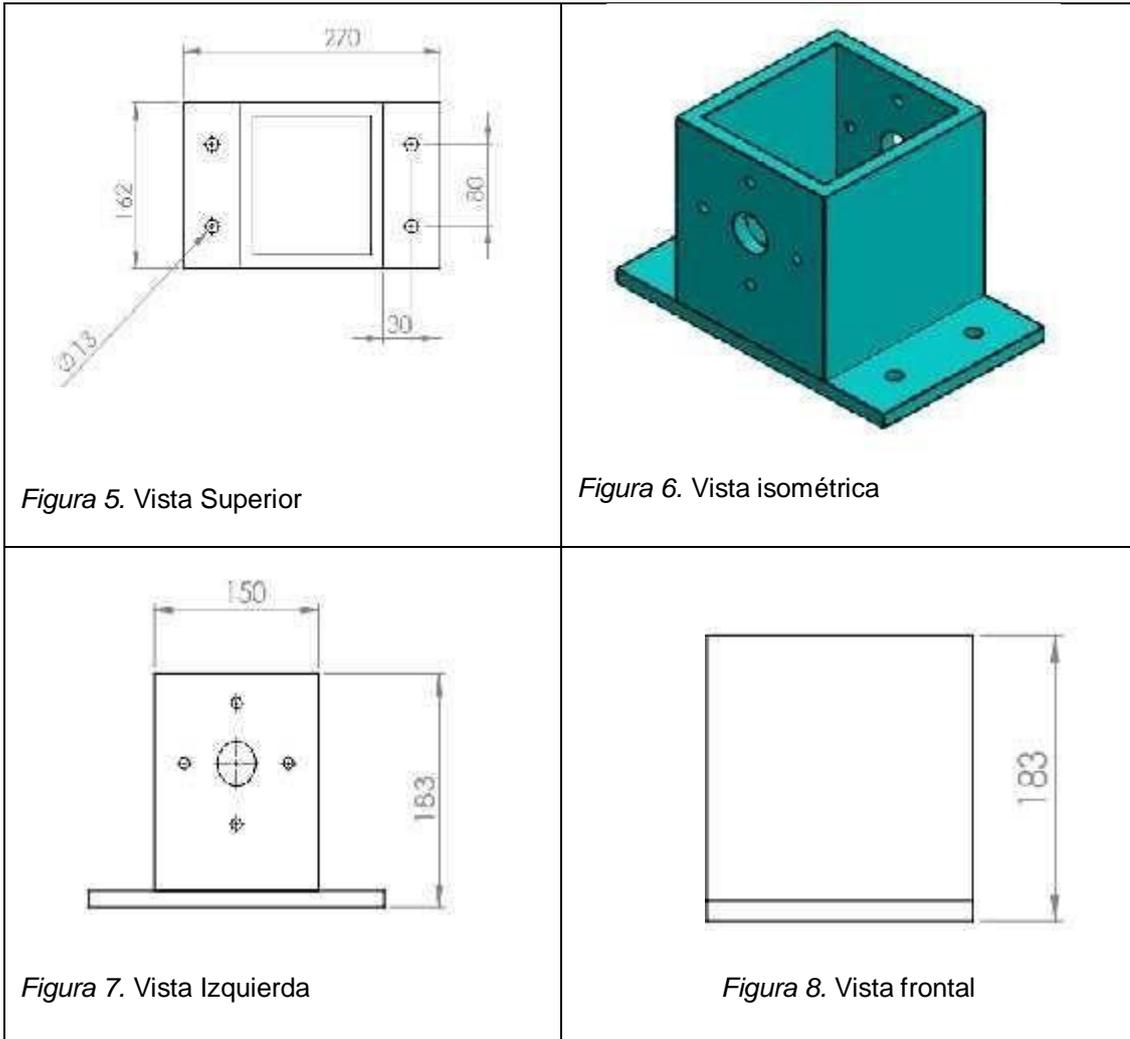
- **Cortadora de tubos:** Se añadió al equipo una cortadora de tubos, para optimizar los tiempos de producción.

Las siguientes tablas en muestran las vistas respectivas de cada pieza a montar en la máquina, cada una de ellas cumpliendo una función respectiva en el proceso de roscado:

4.2.1. Caja: De acuerdo a la asociación americana de ensayo de materiales, se propuso emplear la plancha de aluminio de 1/2" para diseñar la caja que sirvió de soporte al eje de acero con el cual se realizó la transmisión de poleas.

Esta caja se apoyó y se sujetó al chasis con tornillos hexagonales de 13mm de diámetro.

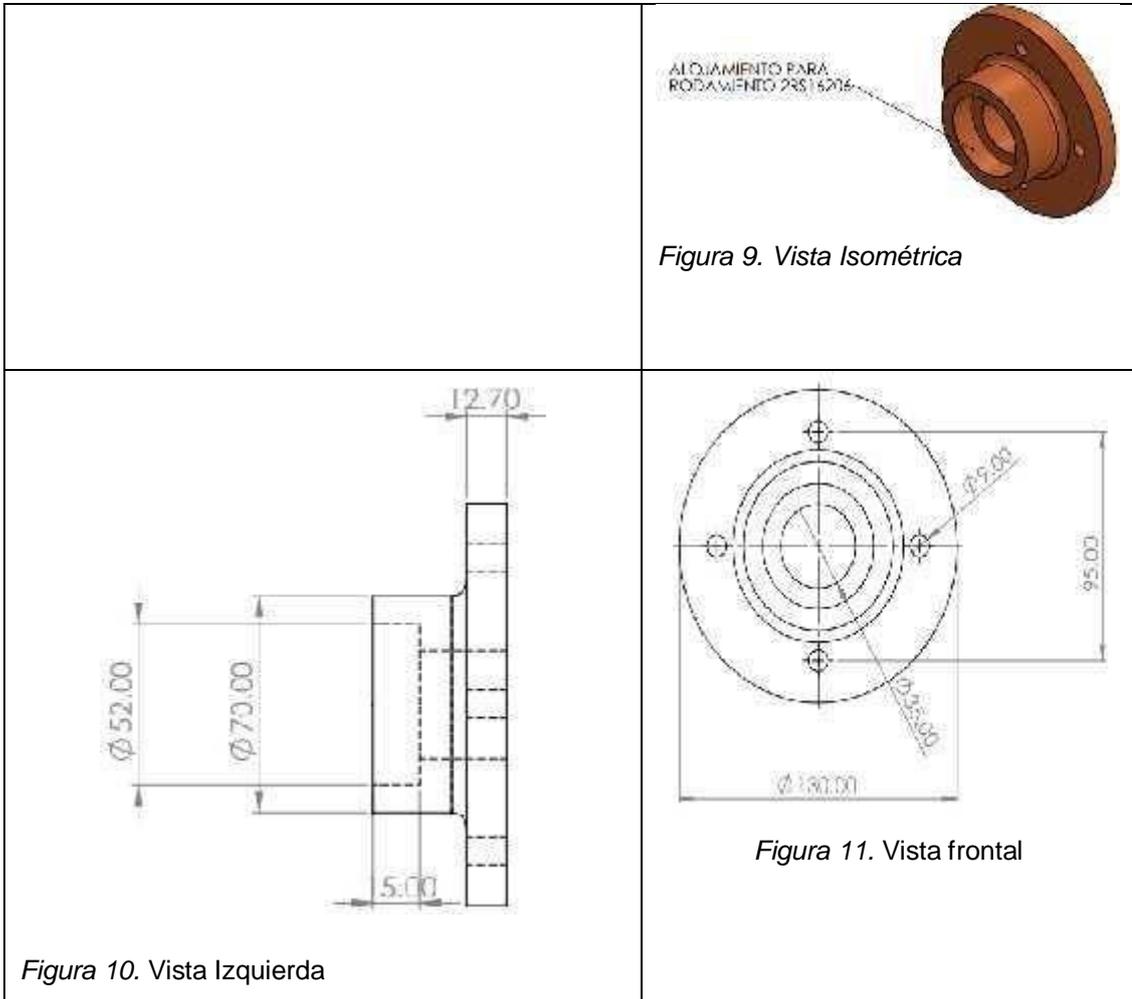
Material ASTM Plancha de aluminio de 1/2"



Fuente. Elaboración propia

4.2.2. Brida: Se contó con una brida unida a la caja. Esta brida contó con un rodamiento 2RS 16206 en su interior para que el eje pueda girar.

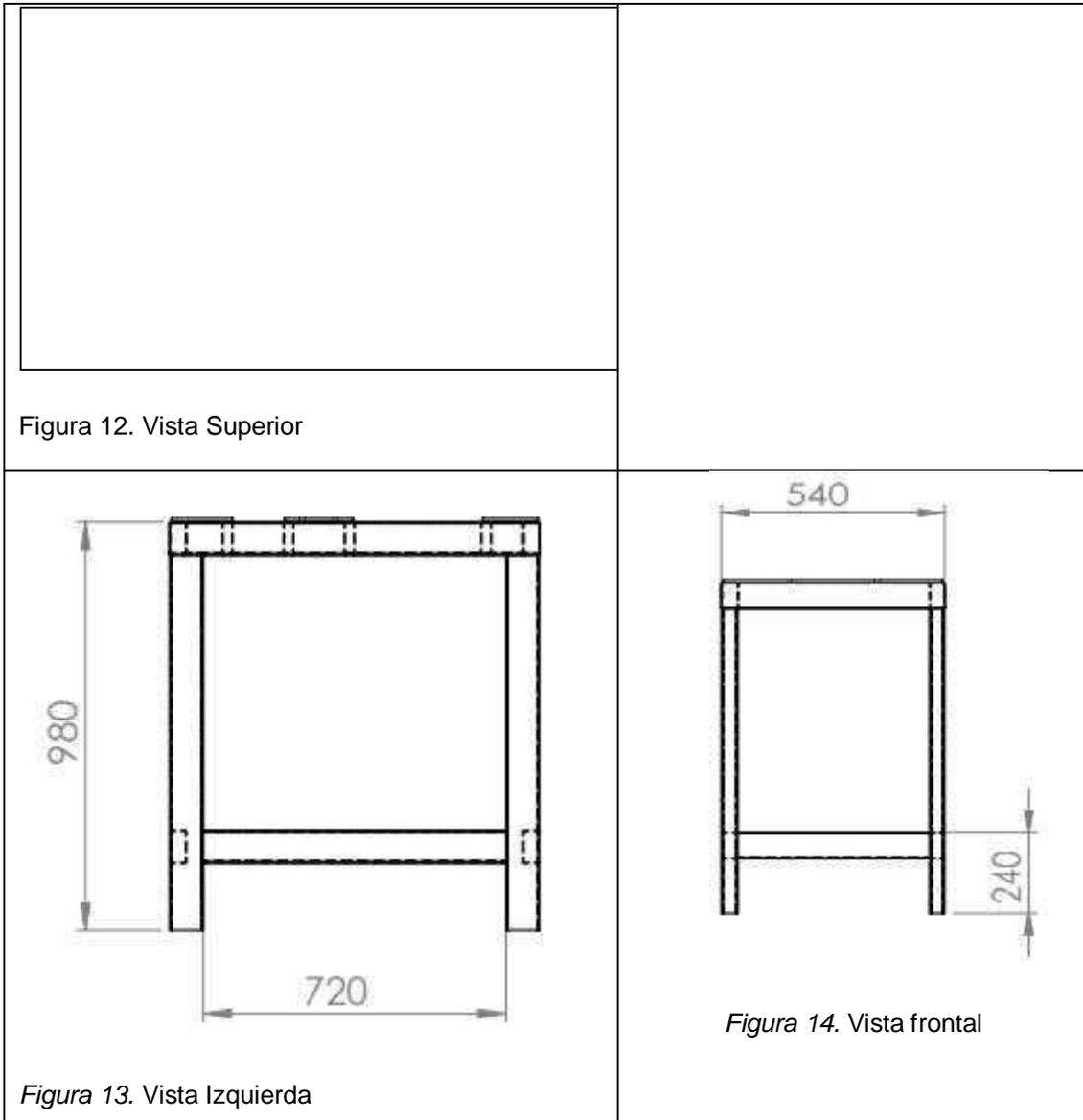
Brida con rodamiento 2RS 16206



Fuente. Elaboración propia

4.2.3. Chasis: Se empleó un chasis de tubo rectangular, cuyo material es acero inoxidable y cuyas dimensiones se muestran en la tabla 5 con sus vistas respectivas.

Chasis de tubo rectangular, de medidas 40 x 80 x 2 mm



Fuente. Elaboración propia

El ancho del chasis fue de 540mm justificándose en el siguiente cálculo:

Datos del acero ASTM A36:

Límite de fluencia = 250 MPa

Límite de rotura = 400 MPa

Tomando la pieza más crítica del chasis, la cual es el lugar donde se soporta la caja.

Donde:

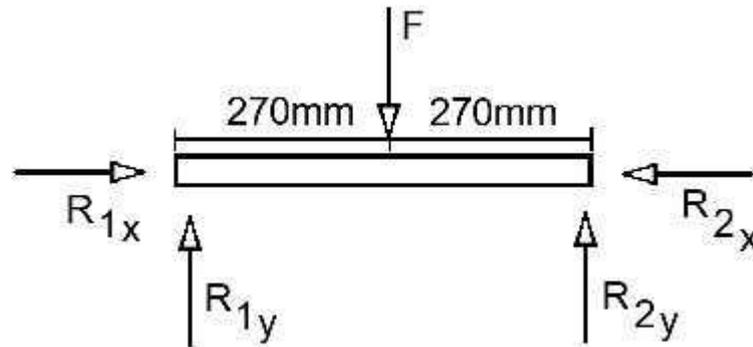


Figura 15. Diagrama de cuerpo libre

$F = \text{Peso de caja} + \text{Peso de brida} + \text{Peso de tuerca}$

$R_{1x} = \text{Reacción del punto 1 en el eje x}$

$R_{1y} = \text{Reacción del punto 1 en el eje y}$

$R_{2x} = \text{Reacción del punto 2 en el eje x}$

$R_{2y} = \text{Reacción del punto 2 en el eje y}$

Para hallar "F" tenemos:

a) **Peso de Caja:**

$$A = 2 * d * l + c * l = 2 * 0.183 * (0.150 + 0.162) + 0.09 * 0.162$$

$$A = 0.1288 \text{ m}^2$$

Para la fabricación de ésta, se utilizó un acero A36 de 12mm de espesor, según (tubisa, 2020), se tiene:

$$\text{Peso por metro cuadrado} = 94.2 \text{ k /m}^2$$

Entonces:

$$P = A * c = 0.1288 * 942 * 981$$

$$P = 119024 \text{ N}$$

b) **Peso de Brida:**

Para la fabricación de la brida, se usaron 2 espesores diferentes de acero

- Con Acero A36 de 12.7mm de espesor:

$$A = \frac{1}{4} * \pi * (2 * 0.07 - 0.052 - 0.035)^2$$

$$A = 0.0046 \text{ m}^2$$

- Con Acero A36 de 5.9mm de espesor:

$$A_{b2} = \frac{1}{4} * \pi * (0.095^2 - 0.035^2)$$

$$A_{b2} = 0.0061 \text{ m}^2$$

Según (tubisa, 2020), se tiene:

$$\text{Peso por metro cuadrado A36 12.7mm} = 99.7 \text{ k /m}^2$$

$$\text{Peso por metro cuadrado A36 5.9mm} = 46.32 \text{ k /m}^2$$

Entonces:

$$dP_{b2} = 981 * (0.0061 * 99.7 + 0.0046 * 46.32)$$

$$P_{d b2} = 8054 \text{ N}$$

c) Peso de Tuerca:

Para la fabricación de la tuerca, se usaron 2 espesores diferentes de acero

- Con Acero A36 de 10mm de espesor:

$$A_{t1} = \frac{1}{4} * \pi * (0.065^2 - 0.028^2)$$

$$A_{t1} = 0.0027 \text{ m}^2$$

- Con Acero A36 de 50mm de espesor:

$$A_{t2} = \frac{1}{4} * \pi * (0.038^2 - 0.0028^2)$$

$$A_{t2} = 0.00052 \text{ m}^2$$

Según (tubisa, 2020), se tiene:

$$\text{Peso por metro cuadrado A36 10mm} = 74.58 \text{ k /m}^2$$

$$\text{Peso por metro cuadrado A36 50mm} = 392.5 \text{ k /m}^2$$

Entonces:

$$dP_{t1} = 981 * (0.0027 * 74.58 + 0.00052 * 392.5)$$

$$P_{d t1} = 4022 \text{ N}$$

Por lo tanto:

$$F = \text{Peso de caja} + \text{Peso de brida} + \text{Peso de tuerca}$$

$$F = 119024 + 8054 + 4022$$

$$F = 131.1 \text{ N}$$

Calculando el Momento de Inercia de la barra siendo 10mm el espesor del acero utilizado para fabricar el Chasis, y 0.162mm el ancho de la pieza del chasis a calcular:

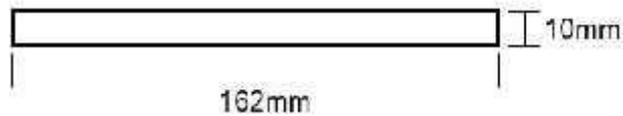


Figura 16. Pieza de Chasis a calcular. Vista Izquierda

$$I = (b * h^3) / 12$$

$$I = (0.162 * 0.01^3) / 12$$

$$I = 135 * 10^{-9} \text{ m}^4$$

Calculando el momento flector que genera F:

$$M = 131.1 * 0.270$$

$$M = 35.397 \text{ N.m}$$

Y sabiendo que $c = 10/2 = 5\text{mm}$

Determinamos el esfuerzo por flexión:

$$\sigma = (M * c) / I$$

$$\sigma = (35.397 * 5 * 10^{-3}) / (135 * 10^{-9})$$

$$\sigma = 13.11 * 10^6 \text{ Pa}$$

Con ese dato, cercioramos que:

$$\sigma = 13.11 \text{ MPa} < 250 \text{ MPa (límite de fluencia acero A36)}$$

Entonces las dimensiones del chasis si son aptas para el diseño de la máquina.

4.2.4. Poleas: Se consideró el material de las poleas (ASTM A36), ambas con doble canal para 2 fajas en “V” tipo B.

Para el diseño de las poleas, se consideró el material de éstas (ASTM A36), ambas poleas con doble canal para 2 fajas en “V” tipo B.

Para el diámetro de las poleas, se consideró:

- a. La polea conductora debe adecuarse al tamaño del motor para un buen trabajo con la potencia de éste.
- b. La polea conducida no puede tener un diámetro mayor al ancho del chasis.

Los diámetros estándar de cada una de las poleas son:

- Polea conductora: 101.6 mm
- Polea conducida: 240 mm

Se escogió trabajar con fajas en "V" tipo B para una mejor transmisión debido a que éstas proporcionan las siguientes ventajas:

- No necesitan lubricación.
- Son corrugadas, funcionaron durante mucho tiempo sin ocasionar problemas.
- Eficacia entre 94% y 98% aproximadamente.

Por lo tanto, para el diseño consideraremos el uso de fajas en "V" tipo B.

Hallar la relación de transmisión

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{240}{101.6} = 1/24$$

Luego se calcula la potencia de diseño

$$P_d = N * -f$$

$$\text{Para } i = 1/24$$

$$P_d = 2 (746) 1,1$$

$$f = 1,11$$

$$P_d = 1641,2 \quad K$$

$$P_d = 1,64 \quad K$$

Se determina el ángulo de contacto de la polea menor, que es la polea conductora

$$\alpha = 2 \cos^{-1} \left(\frac{d_2 - d_1}{2c} \right)$$

$$\alpha = 2 \cos^{-1} \left(\frac{240 - 101,6}{2(6)} \right)$$

$$\alpha = 2 \cos^{-1} \left(\frac{138,4}{12} \right)$$

$$\alpha = 166,75^\circ$$

Con los datos obtenidos podremos hallar la potencia nominal de la faja

$$PNF = dp \cdot r \cdot 1,004 \left[1 - \frac{1,652}{dp} - 1,547 \times 10^{-4} (dp \cdot r) - 0,2126 \log(dp \cdot r) \right] + 1,652r \left[1 - \frac{1}{KSR} \right]$$

Dónde:

$$K = \frac{D}{d} = \frac{240}{1016} = 24$$

Reemplazando:

$$PNF = 101,6 * 1,54 * 1,004 \left[1 - \frac{1,652}{1016} - 1,547 \times 10^{-4} (101,6 * 1,54) - 0,2126 \log(101,6 * 1,54) \right] + 1,652 * 1,54 \left[1 - \frac{1}{24} \right]$$

$$PNF = 156,464 [2,79 - 0,466] + 254 [0,5833] \quad PNF = 36362 +$$

$$1,481 \quad PNF = 365,101 \quad PNF =$$

$$0,365 \text{ Kw}$$

Se calcula el número de fajas

$$N = \frac{P}{P_{i0}}$$

PN corregida de la correa

$$PNCC = PNC * KAC * KLC$$

KAC = (por el ángulo de contacto)

$$KAC = 0,97$$

$$KLC = 0,8$$

$$PNCC = 1641,2 * 0,97 * 0,80$$

$$PNC = 1273,57 \text{ W}$$

Por lo tanto; el número de correas es:

$$N_c = \frac{P_{diseño}}{PNC \cdot C} = \frac{1641,2 \text{ w}}{1273,57 \text{ w}}$$

$$N_c = 1,28 \text{ c} \quad \approx 2 \text{ fajas}$$

Calculando la longitud de la correa:

$$L_c = 2c + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4c}$$

$$L_c = 2(600) + \frac{\pi}{2} (1016 + 240) + \frac{(240 - 1016)^2}{4(600)}$$

$$+ 31416 + (1354)$$

$$L_c = 1200 + \frac{31416}{2} + \frac{1354}{2400}$$

$$L_c = 1736,58 + 7,963 \text{ Lc} = 1744,56 \text{ mm}$$

Volante conducida 2 canales para faja en "V" tipo B

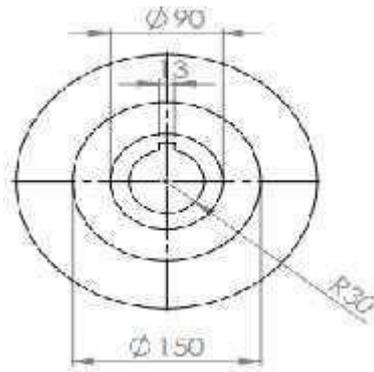


Figura 17. Vista izquierda



Figura 18. Vista Isométrica

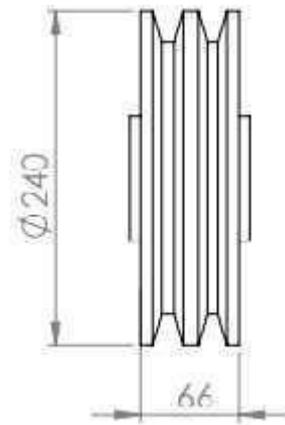


Figura 19. Vista frontal

Fuente. Elaboración propia

4.2.5. Prensa sujetadora de tubos: Se cuenta con un sujetador en el borde de la máquina de acero ASTM A36, el cual sirvió para sostener el tubo a trabajar. Este sujetador cuenta con 2 tubos de acero a los costados sostenidos por 2 resortes para que la parte superior pueda bajar y subir con facilidad y así poder regular según el diámetro del tubo.

Para seleccionar el material de los resortes, se tuvo en cuenta:

- La carga estática a la que será sometida

Dimensiones del tubo:

Longitud = 240 mm

Diámetro = 20 mm

Dividiendo la parte superior de la prensa en 4 piezas:

Pieza 1:

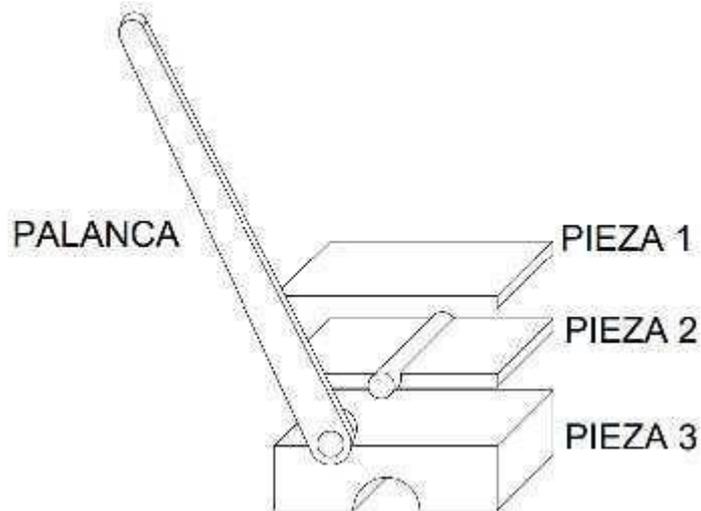


Figura 20. Vista isométrica

$$A = 0.06 * 0.17 = 0.0102 m^2$$

Se utilizó acero A36 de 10mm de espesor:

Peso por metro cuadrado A36 10mm = 74.58 k / m²

$$P_{d p} 1 = 981 * 0.0102 * 74.58 = 746 \quad N$$

Pieza 2:

$$A_1 = \frac{1}{4} * \pi * 0.02^2 = 0.0003 m^2$$

Se utilizó acero A36 de 19mm de espesor:

Peso por metro cuadrado A36 19mm = 140.15 k /

$$m^2 A_2 = 0.075 * 0.06 * 2 = 0.009 m^2$$

Se utilizó acero A36 de 10mm de espesor:

Peso por metro cuadrado A36 10mm = 74.58 k / m²

$$P_{d p} 2 = 981 * (0.0003 * 140.15 + 0.009 * 74.58)$$

$$P_{d p} 2 = 6997 \quad N$$

Pieza 3:

$$A = 0.06 * 0.17 = 0.0102 m^2$$

Se utilizó acero A36 de 50mm de espesor:

Peso por metro cuadrado A36 50mm = 392.5 k / m²

$$P_{d p} 3 = 981 * 0.0102 * 392.5 = 3927 \quad N$$

Palanca o manija:

$$A_1 = 0.350 * 0.021 = 0.00735 m^2$$

Se utilizó acero A36 de 6.4mm de espesor:

$$\text{Peso por metro cuadrado A36 6.4mm} = 50.24 \text{ k / m}^2$$

$$A_2 = \frac{1}{4} * \pi * (0.0318^2 - 0.02^2) = 0.00048 m^2$$

Se utilizó acero A36 de 12.7mm de espesor:

$$\text{Peso por metro cuadrado A36 12.7mm} = 99.7 \text{ k / m}^2$$

$$P_{dp} = 981 * (0.00735 * 50.24 + 0.00048 * 99.7)$$

$$P_{dp} = 4092 \text{ N}$$

Entonces:

$$P_{ti} = P_{dp} z_1 + P_{dp} z_2 + P_{dp} z_3$$

$$+ P_{dp}$$

$$P_{ti} = 57819 \text{ N}$$

Y teniendo el peso del tubo:

$$P_{ti} = 7023 \text{ N}$$

Por lo tanto, el peso que soportará cada resorte será:

$$F = P_{ti} + \frac{P_{ti}}{2}$$

$$F = 7023 + \frac{57819}{2}$$

$$F = 35932.5 \text{ N}$$

Siendo F la fuerza estática a resistir, se seleccionan 2 resortes cumpliendo con las condiciones a presentarse.

Prensa sujetadora de tubos

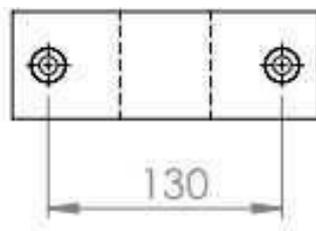


Figura 21. Vista Superior

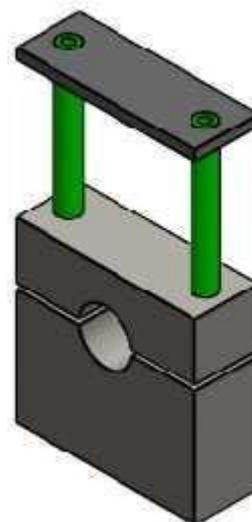


Figura 22. Vista Isométrica

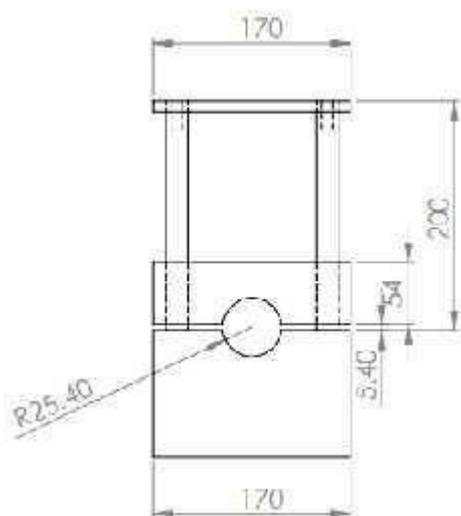


Figura 23. Vista Izquierda

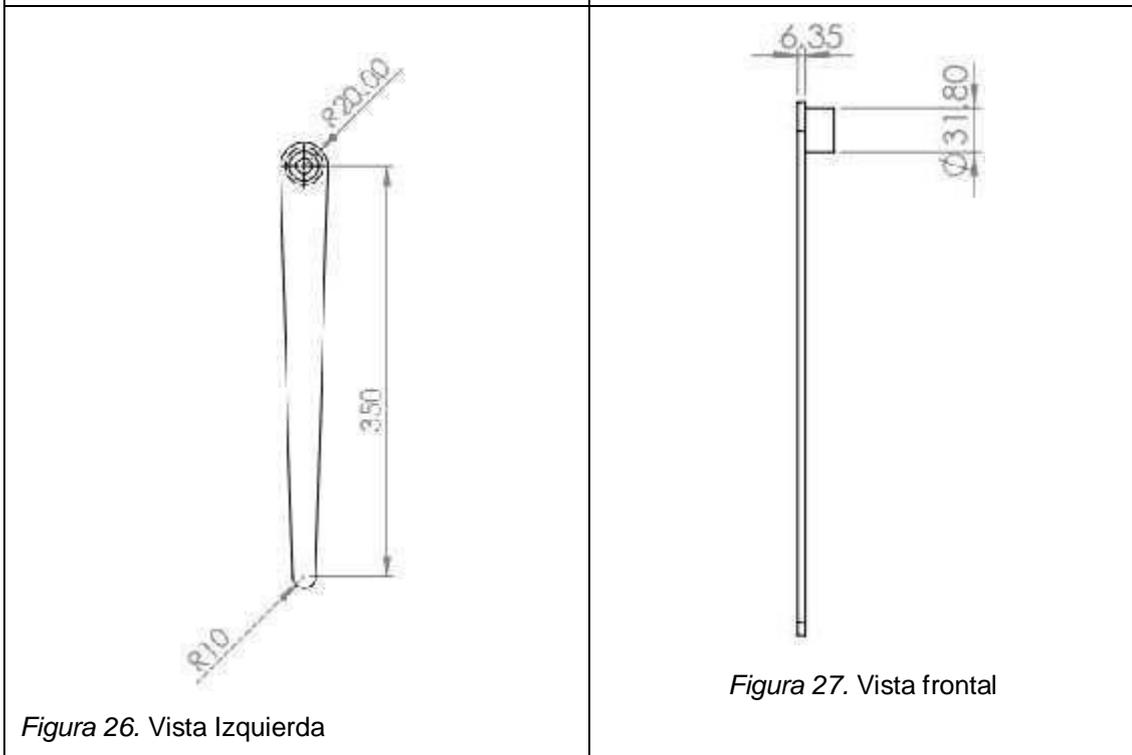


Figura 24. Vista frontal

Fuente. Elaboración propia

4.2.6. Manija de prensa: El sujetador cuenta con una manija de acero ASTM A36. Esta manija cumple la función de apretar el tubo a trabajar, para así evitar algún inconveniente como deslizamiento al momento de hacer el roscado.

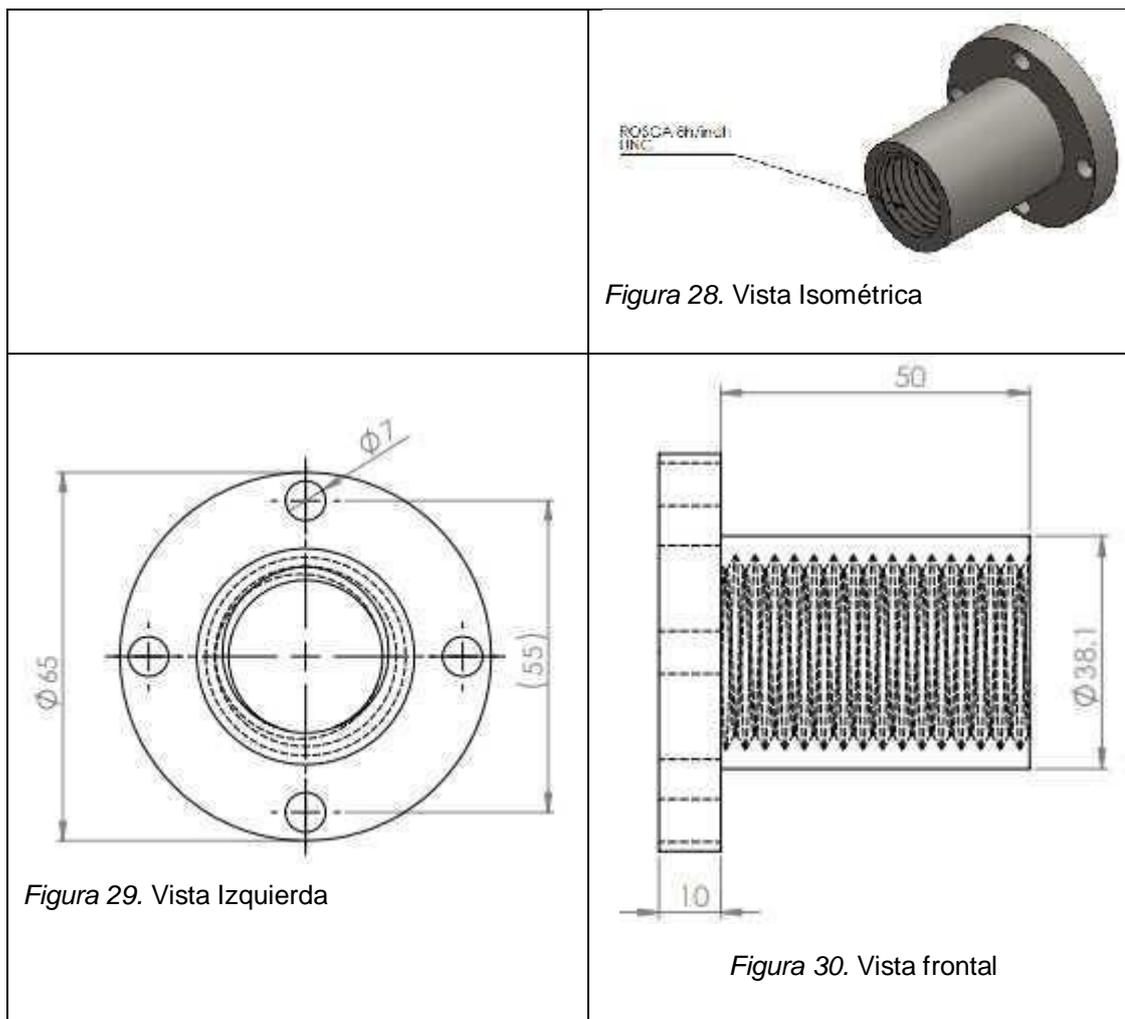
Manija de acero ASTM A36 de 350mm de longitud



Fuente. Elaboración propia

4.2.7. Tuerca: La polea conducida guio e hizo que el eje tenga el mismo movimiento. Se necesitó una tuerca de 38.1 mm de diámetro roscada en el interior. El material de la tuerca fue de acero ASTM A36. Las dimensiones de la tuerca se establecen de acuerdo a la longitud zona roscada del eje, que es 80mm.

Tuerca de 38.1 mm de diámetro roscada en el interior



Fuente. Elaboración propia

4.2.8. Terraja

Para el diseño de la terraja, tenemos las siguientes partes:

4.2.8.1. Brida de la terraja: La terraja contó con una brida, y ésta tendrá 1 par de asientos con resortes en el interior de $\frac{1}{2}$ " x 30 mm, para soportar el guiador y de esta forma poder ajustar de acuerdo al diámetro del tubo.

Para seleccionar el material de los resortes, se tuvo en cuenta:

- La carga estática a la que será sometida

Dimensiones del tubo:

Longitud = 240 mm

Diámetro = 20 mm

Peso de Porta peines:

$$A_1 = 0.032 * 0.055 - 2 \left(\frac{1}{4} * \pi * 0.002 + 0.02 * 0.00375 \right)$$

$$A_1 = 0.0016 \text{ m}^2$$

Para la fabricación de ésta, se utilizó un acero A36 de 6mm de espesor, según (tubisa, 2020), se tiene:

$$\text{Peso por metro cuadrado} = 47.1 \text{ k /m}^2$$

$$A_2 = 2 * 0.033 * 0.019 - \left(\frac{1}{4} * \pi * 0.001 \right)^2$$

$$A_2 = 0.0012 \text{ m}^2$$

Para la fabricación de ésta, se utilizó un acero A36 de 7.9mm de espesor, según (tubisa, 2020), se tiene:

$$\text{Peso por metro cuadrado} = 62.02 \text{ k /m}^2$$

$$A_3 = 0.025 * 0.013 - \left(\frac{1}{8} * \pi * 0.005 \right)^2$$

$$A_3 = 0.0003 \text{ m}^2$$

Para la fabricación de ésta, se utilizó un acero A36 de 19mm de espesor, según (tubisa, 2020), se tiene:

$$\text{Peso por metro cuadrado} = 149.15 \text{ k /m}^2$$

Entonces:

$$P_{dc} = (0.0016 * 47.1 + 0.0012 * 62.02 + 0.0003 * 149.15) * 981$$

$$P_{dc} = 191 \text{ N}$$

Peso de Guiador:

$$A_c = 0.032 * 0.0762 - 2(\frac{1}{4} * \pi * 0.008)^2$$

$$A_c = 0.0026 \text{ m}^2$$

Para la fabricación de ésta, se utilizó un acero A36 de 12.7mm de espesor, según (tubisa, 2020), se tiene:

$$\text{Peso por metro cuadrado} = 99.7 \text{ k/m}^2$$

$$P_{dcg} = 2N$$

$$A_{t1} = (\frac{1}{4} * \pi * 0.0127^2)$$

$$A_{t1} = 0.00013 \text{ m}^2$$

Para la fabricación de ésta, se utilizó un acero A36 de 75mm de espesor, según (tubisa, 2020), se tiene:

$$\text{Peso por metro cuadrado} = 588.75 \text{ k/m}^2$$

$$P_{dt1} = 0.77 \text{ N}$$

Entonces:

$$P_{dgg} = (2 * 0.00013 * 588.75 + 0.0026 * 99.7) * 981$$

$$P_{dgg} = 4045 \text{ N}$$

Tendremos:

$$P_{t1} = P_{dpg} + P_{dgcg}$$

$$P_{t1} = 442 \text{ N}$$

Por lo tanto, el peso que soportará cada resorte será:

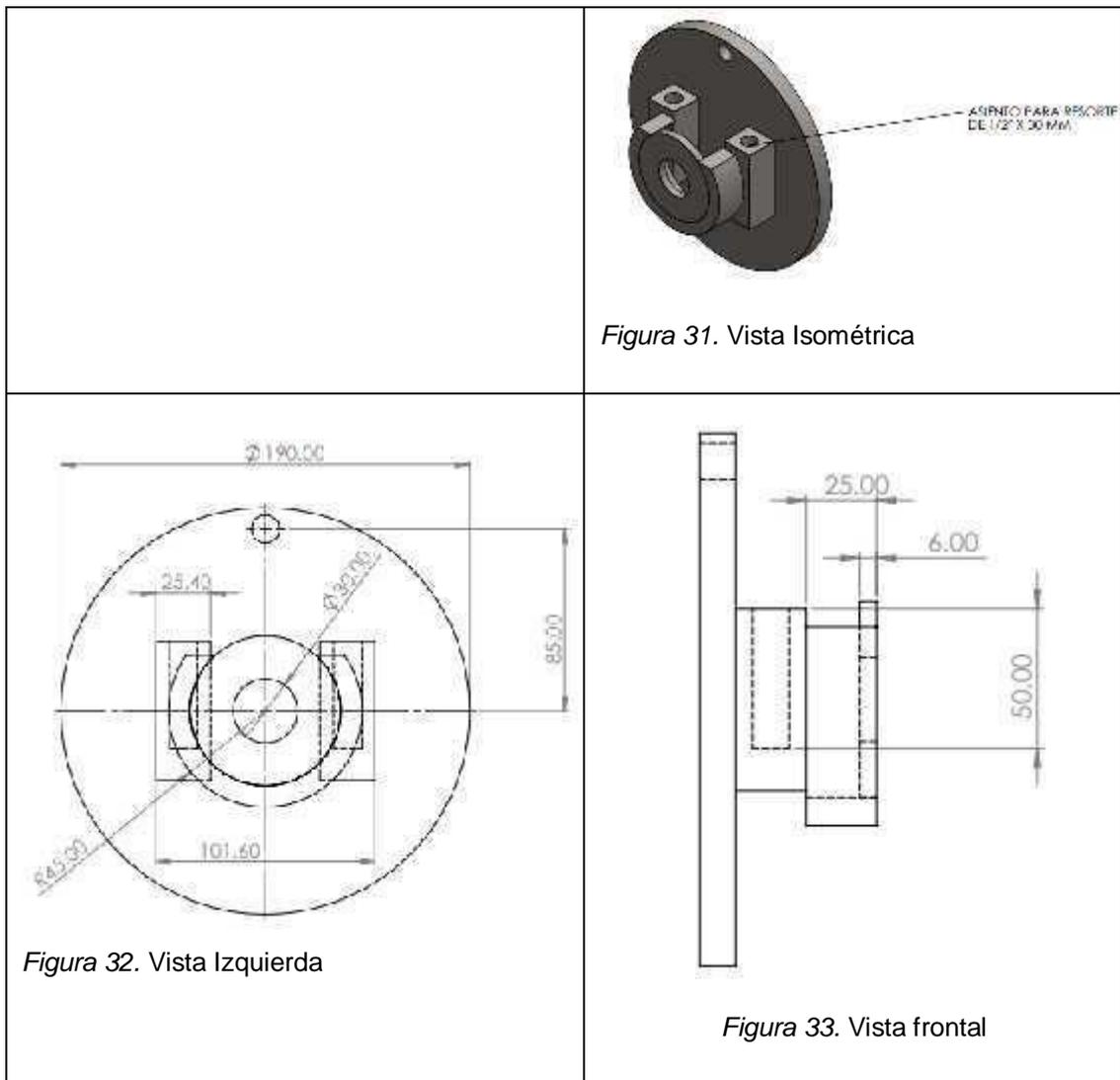
$$F = P_{t1} + \frac{P_{t1}}{2}$$

$$F = 0.77 + \frac{442}{2}$$

$$F = 298 \text{ N}$$

Siendo F la fuerza estática a resistir, se seleccionan 2 resortes de acero inoxidable tipo Cromo Níquel (ASTM A313; SAE 30302), cumpliendo con las condiciones a presentarse.

Brida de la terraja con resortes de 1/2" x 30mm



Fuente. Elaboración propia

4.2.8.2. Guiador: tiene de 2 barras circulares a los costados de 13 mm de diámetro que sirvieron de unión a la brida de la terraja. Esta pieza tendrá 2 agujeros roscados distanciados 40 mm uno del otro, sirvieron para colocar una rosca de 5/16" para la unión con el porta peine, y así éste último pudo deslizarse verticalmente para ajustar el tubo a roscar.

Datos del acero ASTM A36:

Límite de fluencia = 250 MPa

Límite de rotura = 400 MPa

Tomando la parte más crítica del guiador, se hizo un diagrama de cuerpo libre:

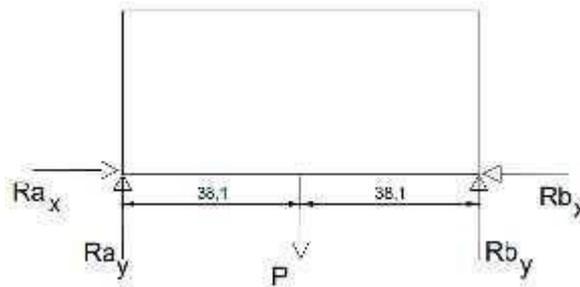


Figura 36. Diagrama de cuerpo libre

Dónde:

P = Peso de portapeines + Peso de cuerpo de guiador

R_{ax} = Reacción del punto a en el eje x

R_{ay} = Reacción del punto a en el eje y

R_{bx} = Reacción del punto b en el eje x

R_{by} = Reacción del punto b en el eje y

Sacando los datos:

- Peso de portapeines
- Peso de cuerpo de guiador

Del punto 4.2.8.1, tenemos que:

$$P = \rho \cdot A \cdot c = 191 \text{ N}$$

$$A = \frac{P}{\rho \cdot c} = \frac{0032 \cdot 00762 - 2(1/4 \cdot \pi \cdot 0008)^2}{4} = 00026 \text{ m}^2$$

Para la fabricación de ésta, se utilizó un acero A36 de 12.7mm de espesor, según (tubisa, 2020), se tiene:

$$\text{Peso por metro cuadrado} = 99.7 \text{ k/m}^2$$

$$P_d = \rho \cdot A \cdot d = 981 \cdot 00026 \cdot 997 \text{ N}$$

$$P = P_d + P = 251 \text{ N}$$

Por lo tanto:

P = Peso de portapeines + Peso de cuerpo de guiador

$$P = 191 + 251$$

$$P = 442 \text{ N}$$

Calculando el Momento de Inercia de la barra siendo 35mm el espesor del acero utilizado para fabricar el Chasis, y 12.7mm el ancho de la pieza del chasis a calcular:



Figura 37. Pieza de guiador a calcular. Vista Izquierda

$$I = (b * h^3)/12$$

$$I = (00127 * 0035^3)/12$$

$$I = 4538 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

Calculando el momento flector que genera F:

$$M = 00381 * 442$$

$$M = 0168408 \text{ N.m}$$

Y sabiendo que $c = 35/2 = 17.5\text{mm}$

Se determina el esfuerzo por flexión:

$$\sigma = (M * c) / I$$

$$\sigma = (0.168408 * 17.5 * 10^{-3}) / (4538 * 10^{-8})$$

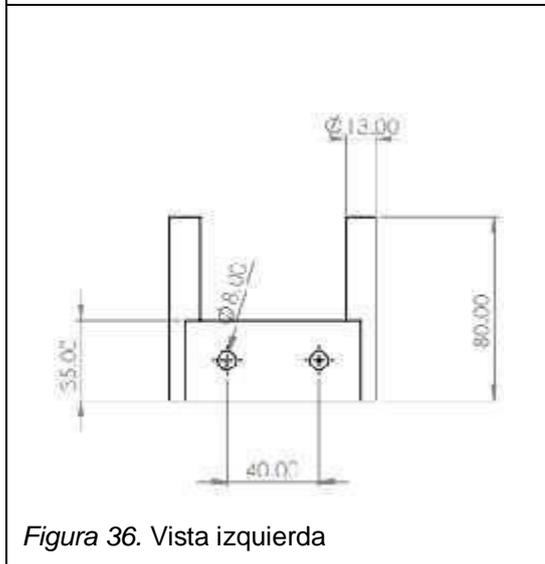
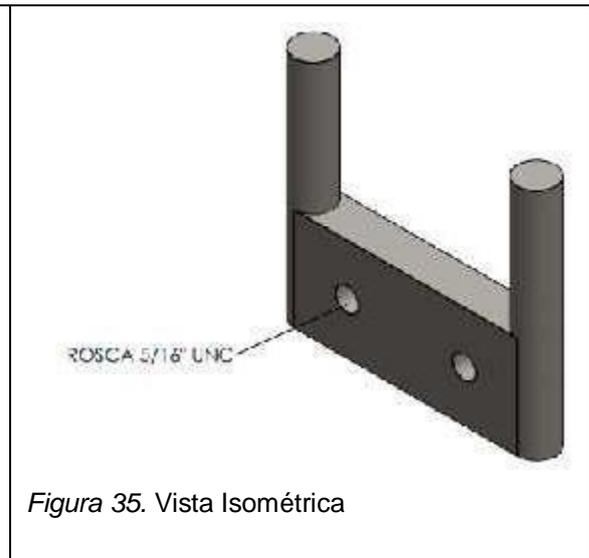
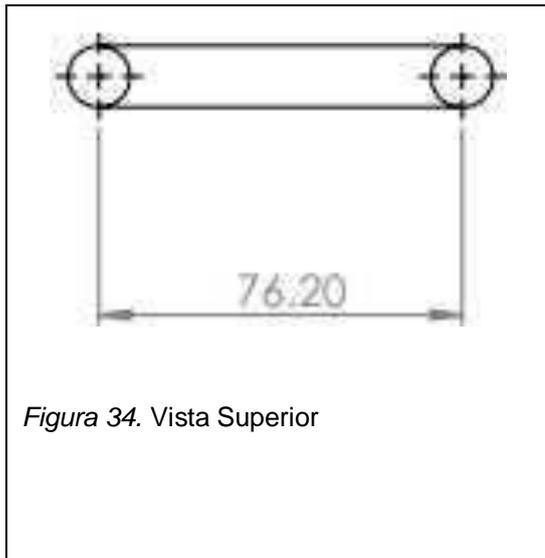
$$\sigma = 006494 * 10^{-6} \text{ Pa}$$

Con ese dato, cercioramos que:

$$\sigma = 006494 \text{ MPa} < 250 \text{ MPa (límite de fluencia acero A36)}$$

Entonces las dimensiones del guiador si son aptas para el diseño de la máquina.

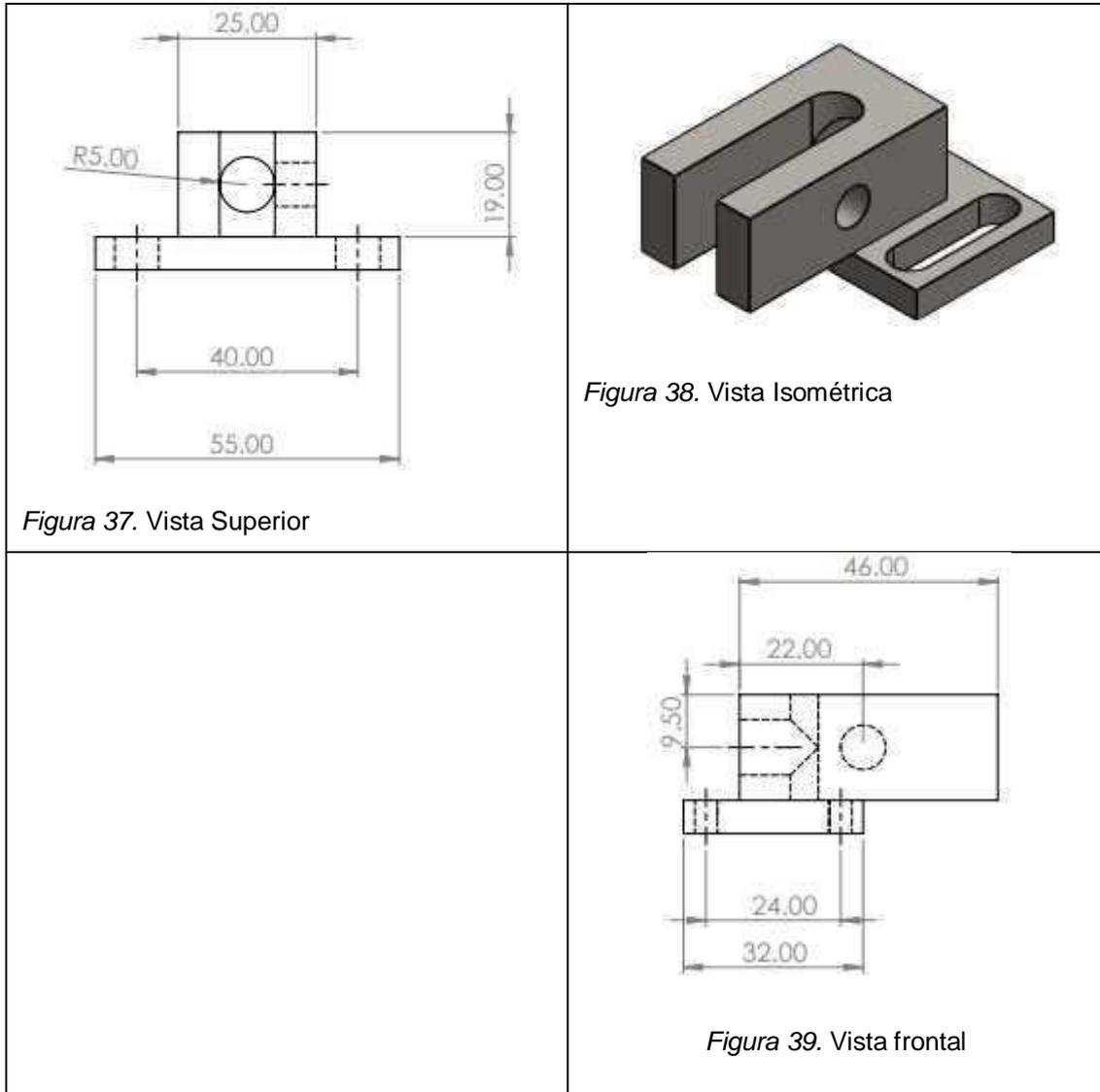
Guiador con 2 barras de 13mm



Fuente. Elaboración propia

4.2.8.3. Porta peine: también fue de acero ASTM A36, a los costados tuvo 2 agujeros largos por los cuales se pudo deslizar para ajustar el tubo a enroscar.

Porta peine de acero ASTM A36



Fuente. Elaboración propia

Uniéndolo a la brida, el guidor, y la porta peines, añadiendo una palanca para empujar hacia abajo y ajustar la porta peines, se obtuvo la terraja.

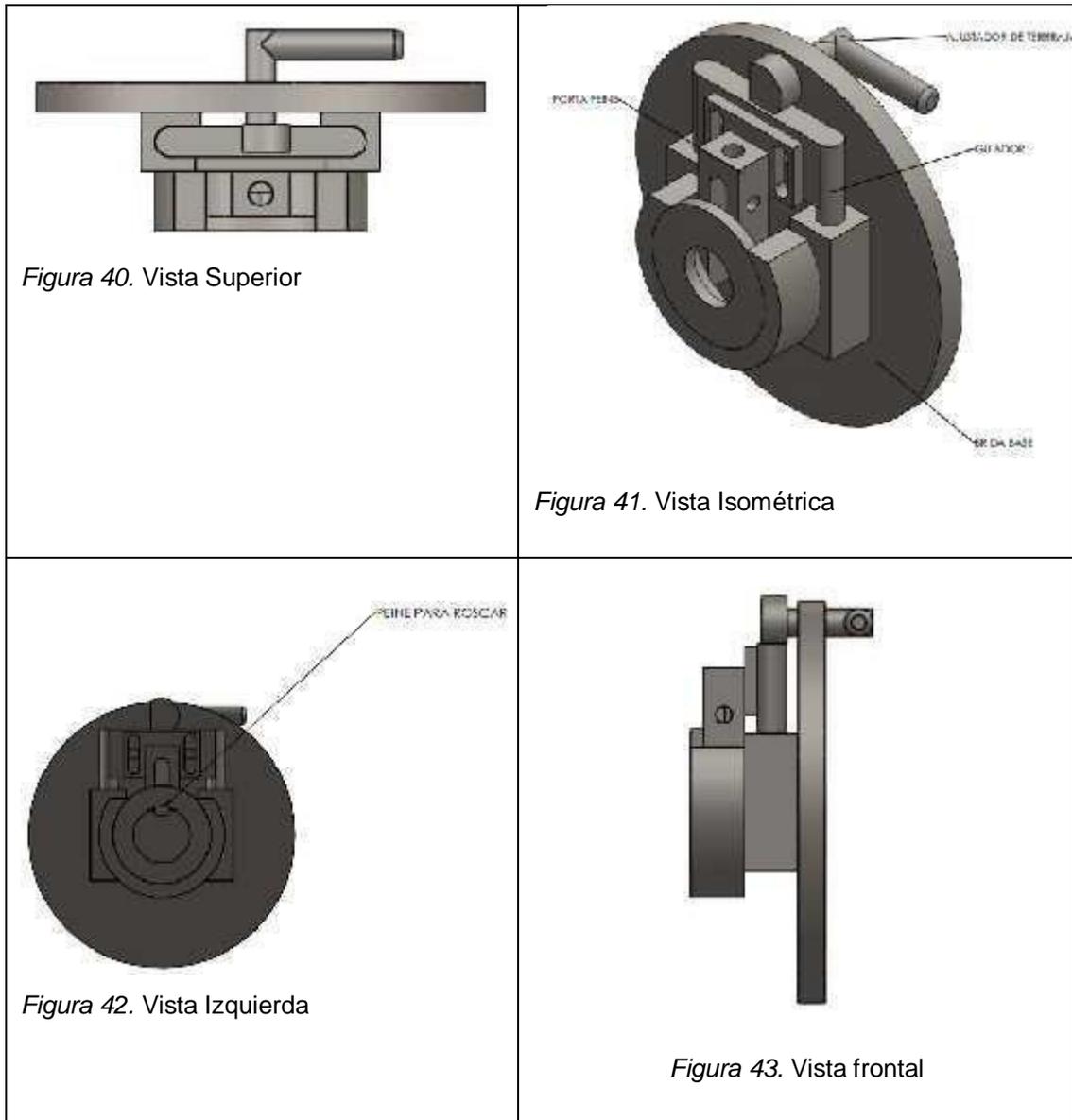


Figura 44. Vista Isométrica

4.2.9. Eje: El eje de la roscadora, de acero ASTM A36, cuenta con un cabezal circular de 10mm de ancho y 130mm de diámetro. El eje tuvo un diámetro de 31.8 mm y una longitud de 588 mm.

Esta barra tuvo una rosca de 80 mm de longitud en la parte coincidente con la caja, pasó por la tuerca y así poder movilizarse.

Datos del acero ASTM A36:

Límite de fluencia = 250 MPa

Límite de rotura = 400 MPa

Teniendo como fórmula:

$$\sigma_{eq} = (\sigma_x^2 + 3 * \tau_{xy}^2)^{1/2} = \frac{\sigma_d}{f.s}$$

Dónde:

σ_{eq} = esfuerzo equivalente σ_x = esfuerzo por

flexión en el eje τ_{xy} = esfuerzo de torsión en el eje

σ_d = esfuerzo de diseño

$f.s$ = factor de seguridad

Tenemos que:

$$\sigma_x = \frac{M * c}{I} = \frac{32M}{\pi * d^3} = \frac{32 * 48216}{\pi * d^3} = \frac{491373}{d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{M * c}{J} = \frac{16M}{\pi * d^3} = \frac{16 * 48216}{\pi * d^3} = \frac{245608}{d^3}$$

$$\sigma_d = 250 \text{ MPa} * f.s$$

$$= 1$$

Reemplazando:

$$\sigma_{eq} = (\sigma_x + 3 * \tau_{xy}^2)^{1/2} = \frac{\sigma_d}{f.s}$$

$$\left(\left(\frac{491373}{d^3} \right)^2 + 3 * \left(\frac{245608}{d^3} \right)^2 \right)^{1/2} = \frac{250 * 10^6}{1}$$

$$\left(\frac{241447425129}{d^6} + \frac{180969869}{d^6} \right)^{1/2} = 250 * 10^6$$

$$\left(\frac{4224172941}{d^6} \right)^{1/2} = 250 * 10^6$$

$$\frac{6499363}{d^3} = 250 * 10^6$$

$$\frac{6499363}{250 * 10^6} = d^3$$

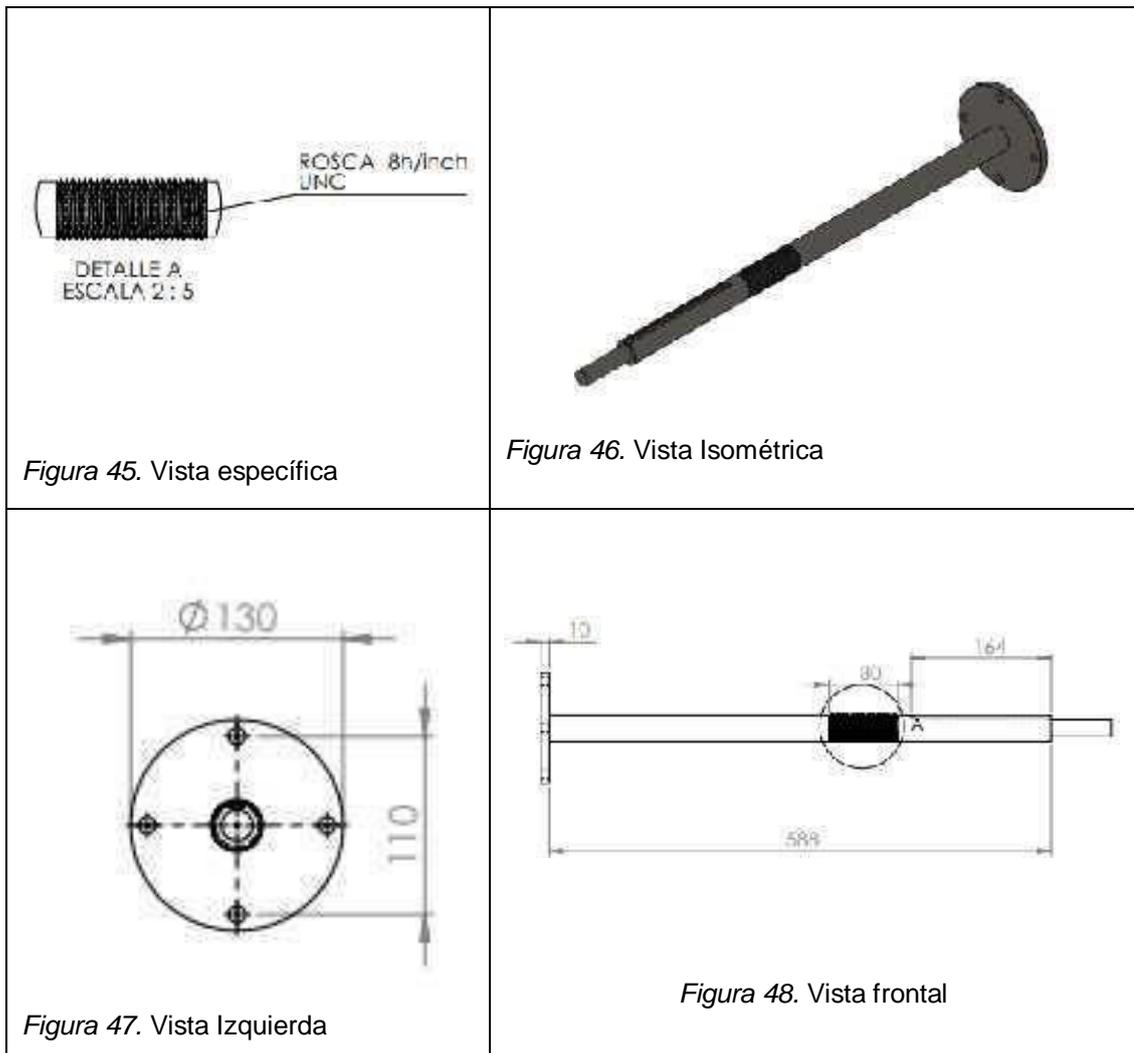
$$\sqrt{\frac{6499,363}{250 \cdot 10^6}} = d$$

$$d = 0,0296 \text{ m}$$

$$d = 29,6 \text{ mm}$$

Entonces estandarizando el diámetro calculado, tendremos que el diámetro del eje es de $1 \frac{1}{4}'' = 31,8 \text{ mm}$.

Eje de acero ASTM A36, de 588mm de longitud



Fuente. Elaboración propia

4.2.10. Cortadora de tubos: Se contó con una cortadora de tubos hecha de acero ASTM A36, y ésta tuvo 2 soportes rectangulares añadidos al chasis de la cortadora, el tubo se colocó entre estos soportes y el tubo fue presionado por una palanca la cual girará radialmente.

Para la cortadora de tubos, se tuvo en cuenta:

- El diámetro mínimo y máximo de los tubos a trabajar, que son ½" a 2".
- La dureza máxima de los tubos a trabajar, la cual será 175 a 200 HB, cuyos valores se obtuvieron mediante un ensayo de dureza Brinell.

$$1. K = \frac{F}{Y} = \frac{Gd^4}{8ND^3} \text{ Constante elástica (N/mm)}$$

$$2. N = \frac{Gd^4 y}{8FD} \text{ Número de espiras}$$

$$3. F \cdot p = \frac{Ad^{3-m}}{588(1.05)} \text{ Fuerza máxima permisible antes de que haya deformación permanente del material.}$$

$$4. n = \frac{F \cdot p}{F \cdot \alpha} > 1 \text{ Factor de seguridad}$$

Tabla 5. Materiales

Material	ASTM	m	A, Mpa*
Alambre cuerda plana	A228	0,163	2060
Alambre revenido aceite	A229	0,193	1610
Alambre estirado duro	A227	0,201	1510
Al cromo- vanadio	A232	0,155	1790
Al cromo- silicio	A401	0,091	1960

y= deflexión(mm) correspondiente a una fuerza aplicada F

F= fuerza aplicada (N)

A= MPa=N/mm²

d= diámetro del alambre (mm)

D=Diámetro medio del resorte (mm)

n= factor de seguridad= 1.1 a 1.3

N= número de espiras activas

G= módulo de rigidez = 79300 N/mm²

$$T = \frac{\delta}{\pi d^2} + \frac{4F}{\pi d^2}$$

$$\theta = 15'' \cong 381$$

$$T = \frac{\delta}{\pi d^2} + \frac{\delta}{2 \pi d^2 D} = \frac{F}{\pi d^2} \left(1 + \frac{d}{2D}\right)$$

$$\theta a = 4 \text{ m}$$

L= resorte

$$\theta r = 381 \text{ m}$$

Material

$$F \cdot p = \frac{1790 \frac{N}{M} * 4^{3-0155}}{588(381 + 05(4))}$$

$$F \cdot p = \frac{1790 \frac{N}{M} * 4^{2845}}{235 \text{ m}}$$

$$F \cdot p = 39322 \text{ N}$$

$$T = \frac{\delta}{\pi d^2} + \frac{4F}{\pi d^2}$$

$$T = \frac{\delta(393.2)(38.1)}{\pi (4)^3} + \frac{4(393.2)}{\pi (4)^2}$$

$$T = 596.11 + 312.9$$

$$T = 627.40 \quad N/m^2$$

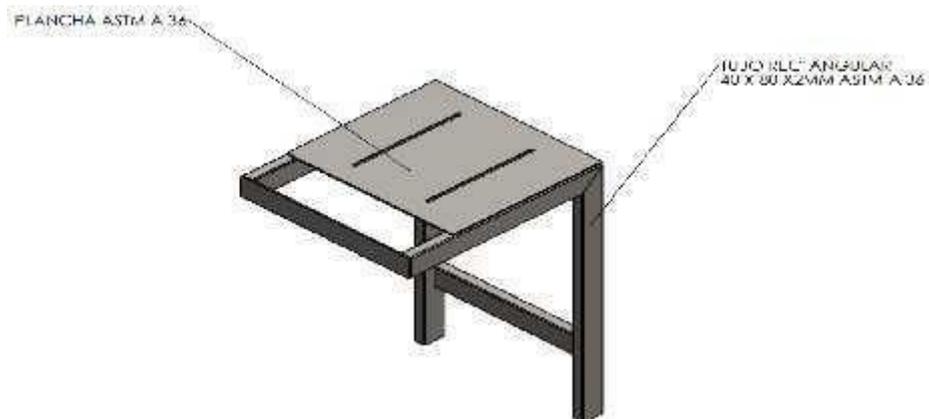


Figura 49. Vista isométrica

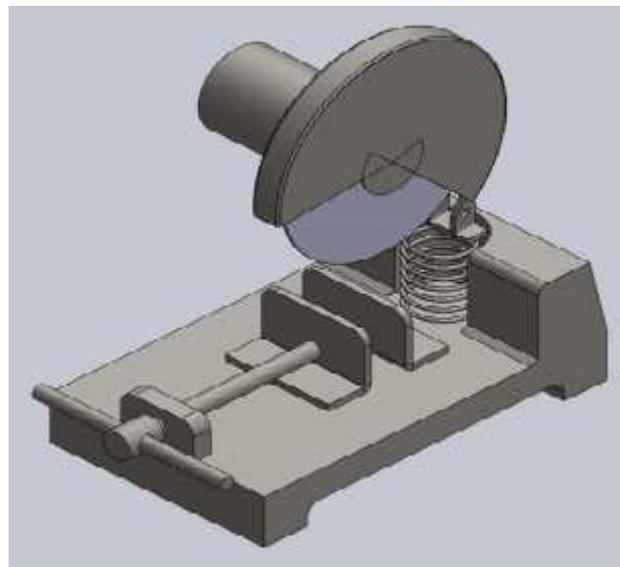


Figura 50. Vista isométrica

4.2.11. Motor eléctrico

Para el motor de inducción, el valor de la potencia del motor debe estar entre 1 y 3 HP.

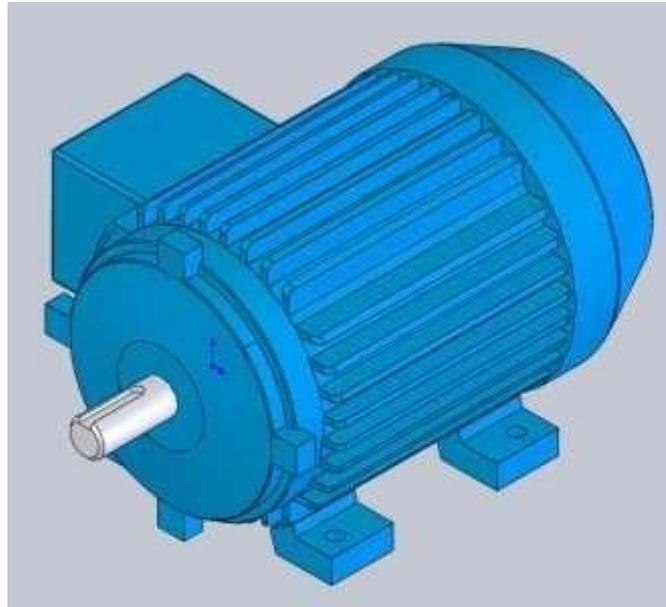


Figura 52. Vista isométrica

4.2.12. Tablero eléctrico

El resto de elementos que necesitaremos para el tablero, como contactores, relé térmico, y temporizador, deberán ser de la misma capacidad que el interruptor termomagnético.

Para interruptor termomagnético se tuvo en cuenta la potencia que otorga el motor, el voltaje con el cual trabaja y el factor de potencia:

$$P = 2 \text{ H}$$

$$W = 756 \text{ W}$$

Entonces:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \theta$$

$$2 * 746 = 220 * I * 0.8$$

$$I = 8.47 \text{ A}$$

Por lo tanto: el interruptor a seleccionar será de 16 A.

Teniendo en cuenta el esquema automatizo:

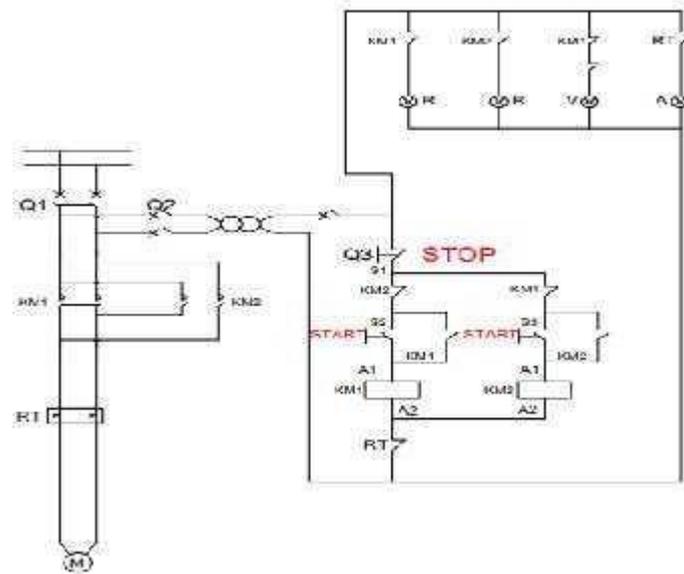


Figura 51. Esquema automatico

Uniendo todas las piezas detalladas anteriormente, obtendríamos la máquina roscadora:

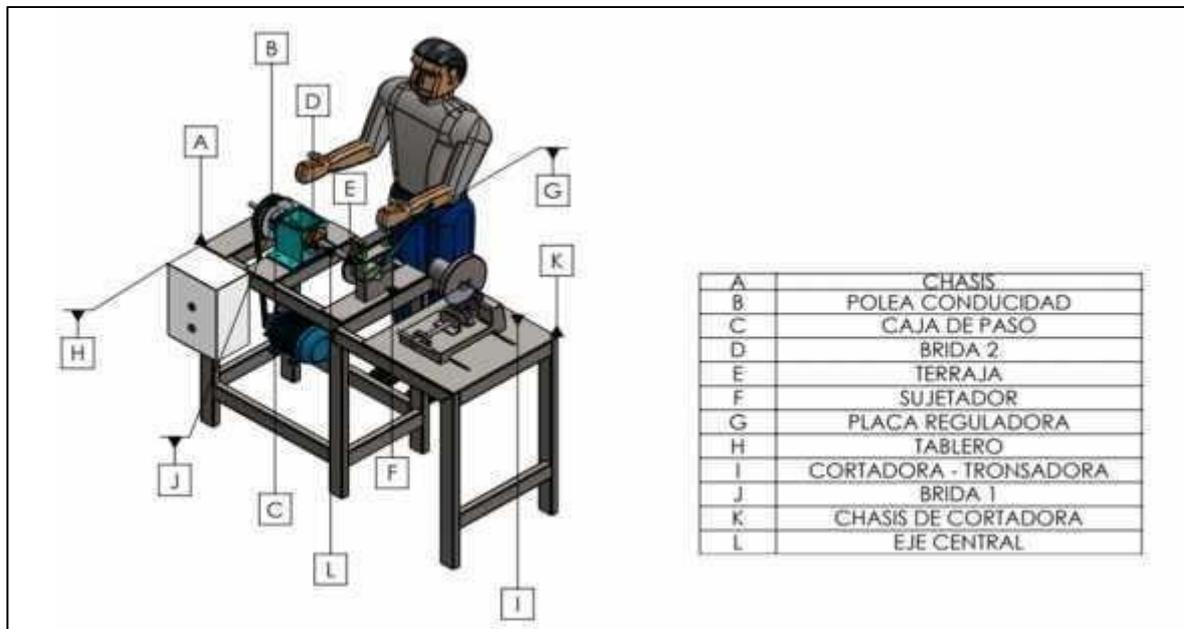


Figura 52. Vista isométrica

4.3. Seleccionar los componentes electromecánicos de la máquina roscadora empleando un software de diseño.

Para seleccionar los componentes electromecánicos de la máquina roscadora, se realizaron los cálculos respectivos a las piezas correspondientes usando el software de diseño SolidWork.

Para el cálculo y el diseño del eje, se usó el software SolidWork, tomando las características y medidas deseadas del eje vistas en el objetivo anterior, y considerando los esfuerzos que se aplicarán a éste:

El eje tuvo un movimiento axial. Una parte de este eje, exactamente a 344mm de la parte posterior de este mismo, tuvo el cuerpo roscado el cual sirvió para que el eje pueda avanzar axialmente a través de un giro radial, ayudado por la tuerca y la brida unida a la caja.

Tabla 6. Datos del eje, extraídos de software SolidWork



Sólidos Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:4.49371 kg Volumen:0.000572447 m ³ Densidad:7,850 kg/m ³ Peso:44.0384 N	

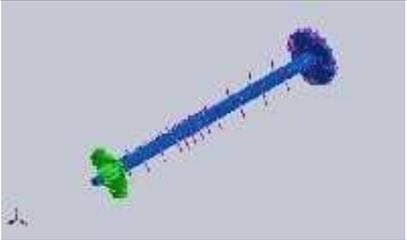
Fuente. Elaboración propia

Tabla 7. Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Fuente. Elaboración propia

Tabla 8. *Propiedades del material*

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 2.5e+08 N/m ² Límite de tracción: 4e+08 N/m ² Módulo elástico: 2e+11 N/m ² Coeficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7,850 kg/m ³ Módulo cortante: 7.93e+10 N/m ²	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Pieza1)
Datos de curva:N/A		

Fuente. Elaboración propia

Tabla 9. *Cargas y sujeciones*

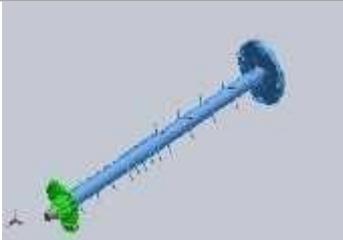
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z
Fuerza de reacción(N)	-2.63501	-2.90063	1.98555
Momento de reacción(N.m)	0	0	1.42536

Fuente. Elaboración propia

Tabla 10. *Carga Torsional*

Nombre de carga	Imagen	Detalles de carga
Torsión-1		Entidades: 6 cara(s) Referencia: Eje1 Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 482.16 N.m

Fuente. Elaboración propia

Tabla 11. Información de malla, detalles:

nodos	13743
Número de elementos	7931
Cociente máximo de aspecto	11.238
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98.5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.845
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	



Fuente. Elaboración propia

Fuerzas resultantes:

1. Fuerzas de reacción:

Tabla 12. Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-2.63501	-2.90063	1.98555	4.3931

Fuente. Elaboración propia

2. Momentos de reacción:

Tabla 13. Momento de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	1.26845	5.4263

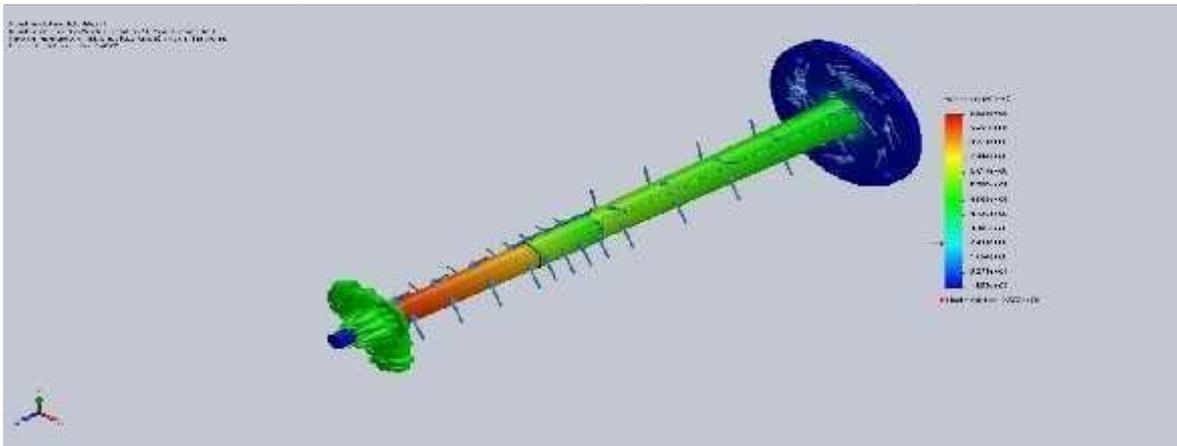
Fuente. Elaboración propia

Resultados:

En las tablas 13, 14, y 15 se puede encontrar los resultados mínimos y máximos de tensión, desplazamiento y deformación unitaria respectivamente, datos obtenidos del software.

Tabla 14. *Resultados de Tensiones*

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1.893e+02 N/m ² Nodo: 13554	9.926e+08 N/m ² Nodo: 253

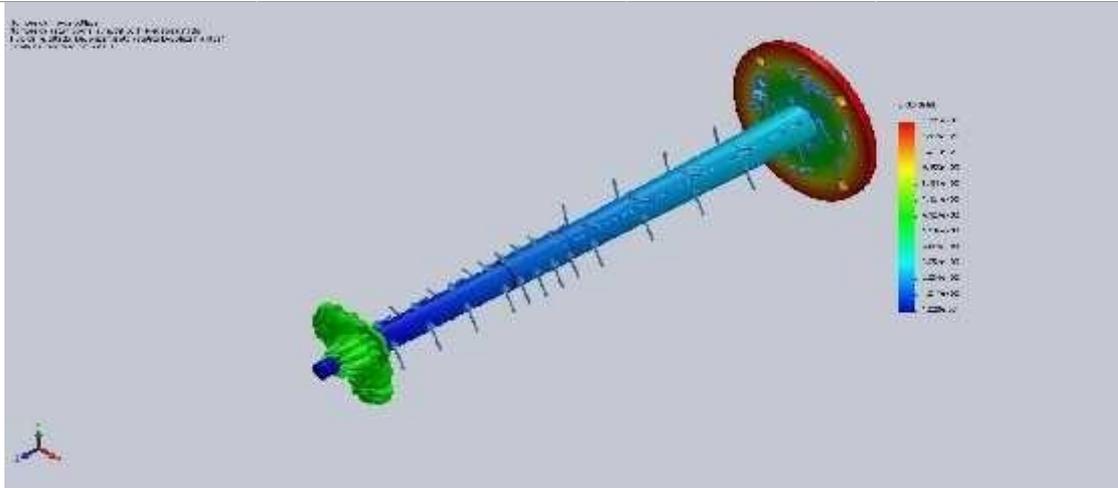


Pieza1-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Fuente. Elaboración propia

Tabla 15. Resultados de Desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 13	1.221e+01 mm Nodo: 899

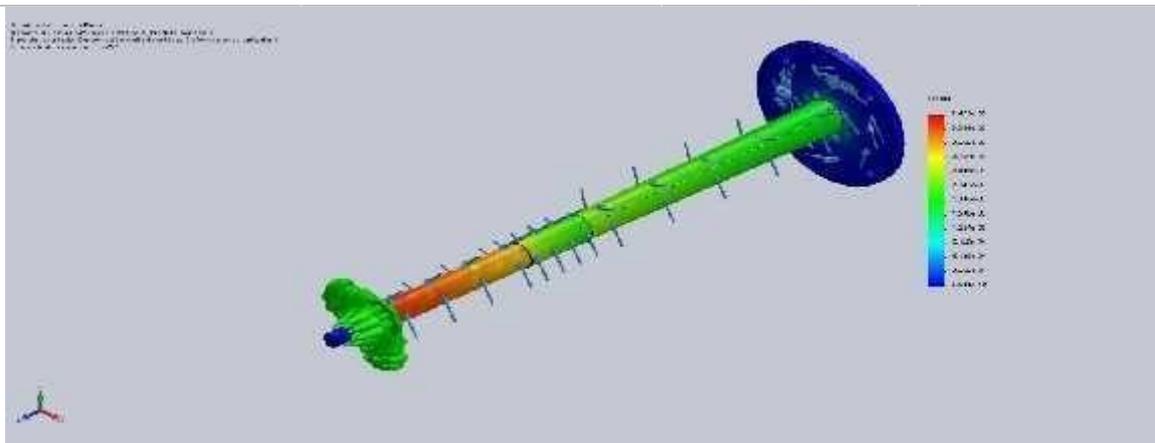


Pieza1-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Fuente. Elaboración propia

Tabla 16. *Deformación unitaria equivalente*

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	6.541e-10 Elemento: 7714	3.672e-03 Elemento: 7288



Pieza1-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Fuente. Elaboración propia

Para el cálculo y el diseño del chasis, se usó el software SolidWork, tomando las características y medidas deseadas del eje vistas en el objetivo anterior, y considerando los esfuerzos que se aplicarán a éste:

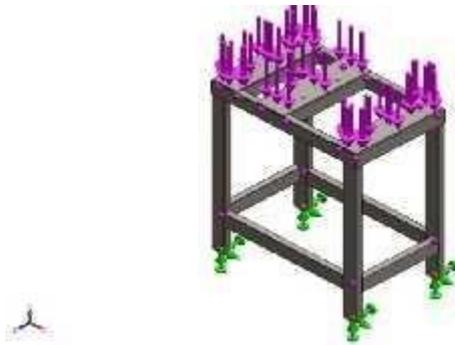


Figura 55. Vista isométrica

Tabla 17. Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

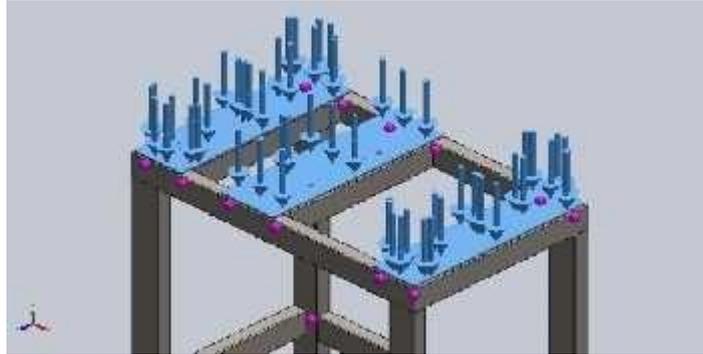
Fuente. Elaboración propia

Tabla 18. Propiedades del Material

Propiedades	
Nombre	AST A36 Acero
Tipo de modelo	Isotrópico elástico
Límite elástico	2.5×10^8 N/m ²
Límite de tracción	4×10^8 N/m ²
Módulo elástico	2×10^{11} N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.26
Densidad	7850 kg/m ³
Módulo cortante	7.93×10^{10} N/m ²

Fuente. Elaboración propia

En la figura se pueden apreciar las cargas que se le aplican al Chasis, haciendo uso de un mallado compatible en el software.



Fuerzas resultantes:

1. Fuerzas de reacción:

Tabla 19. Fuerzas de Reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-1.90735e-06	1,471.5	0	1,471.5

Fuente. Elaboración propia

2. Momentos de reacción:

Tabla 20. Momentos de Reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	8.65683e-05	-0.00244228	0.696767	0.696771

Fuente. Elaboración propia

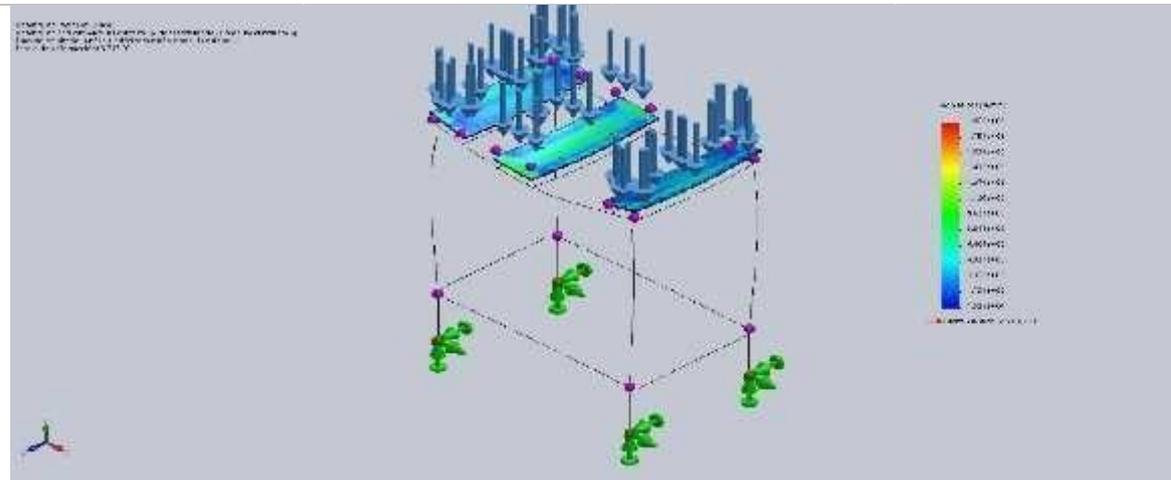
Vigas

Se encuentran en las tablas respectivamente, teniendo como resultados de estudio los datos encontrados en las tablas:

Resultados del estudio:

Tabla 21. Resultados de tensiones

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.000e+00 N/m ² Nodo: 16387	1.909e+06 N/m ² Nodo: 6759

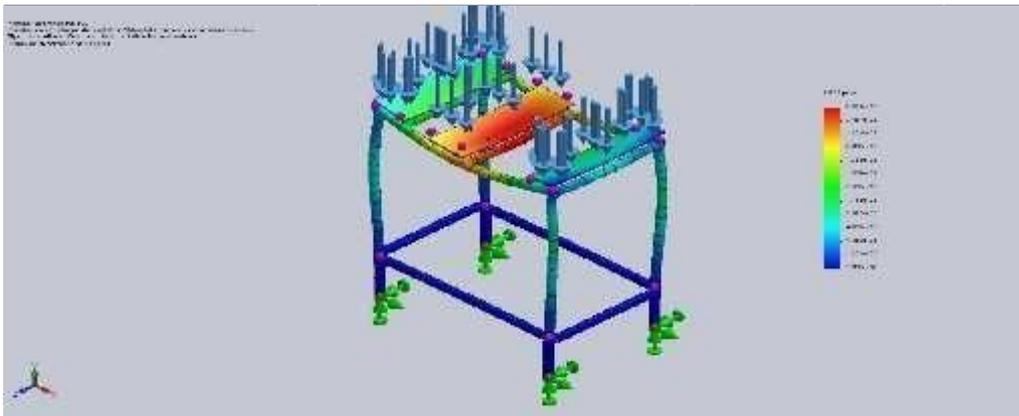


CHASIS-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Fuente. Elaboración propia

Tabla 22. Resultados de desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 16499	2.677e-02 mm Nodo: 9066

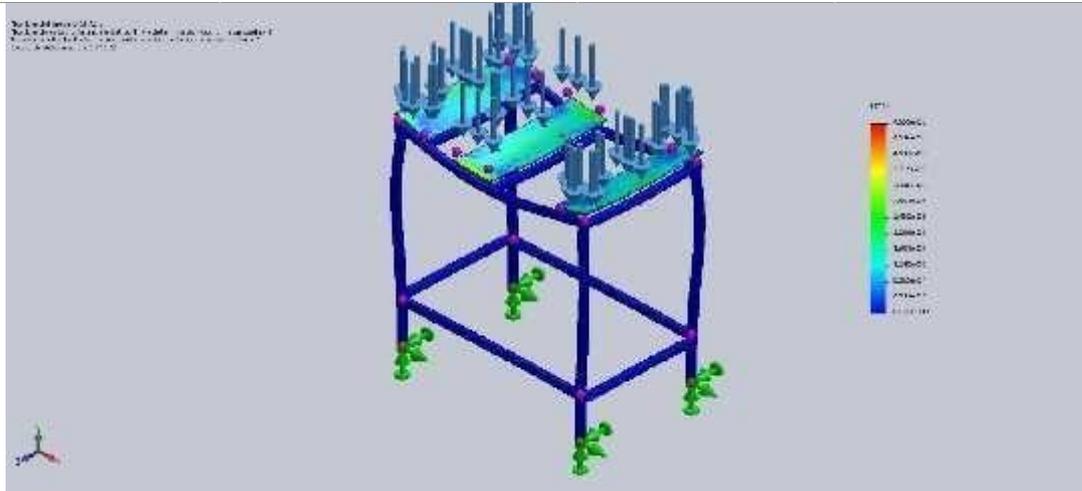


CHASIS-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Fuente. Elaboración propia

Tabla 23. Resultados de deformación unitaria

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.000e+00 Elemento: 8024	4.959e-06 Elemento: 3663



CHASIS-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Fuente. Elaboración propia

4.4. Realizar una evaluación económica empleando el VAN y el TIR.

Se evaluó el costo de inversión para realizar la roscadora de tubos:

- Se realizó la respectiva cotización de las piezas y productos, solicitando información a dos empresas de la región Cahepa S.I.R.L. y Promart sobre los precios de los elementos a necesitar.

Tabla 24. *Costos de inversión*

Costos de Inversión				
	cantidad	unidad		costo
Costos directos				
Motor de Inducción	1	und	S/	1,200.00
Polea 240mm diámetro	1	und	S/	100.00
Poleas 101.6mm diámetro	1	und	S/	80.00
Faja en "V" tipo b	2	und	S/	80.00
Interruptor termomagnético 16A	1	und	S/	30.00
Contactador 16A	2	und	S/	60.00
Tablero	1	und	S/	70.00
Cables para conexión eléctrica	1	juego	S/	100.00
Chasis	1	und	S/	300.00
Terraja	1	und	S/	450.00
Brida	1	und	S/	100.00
Eje	1	und	S/	300.00
Prensa	1	und	S/	300.00
Pernos y tuercas	1	juego	S/	30.00
Fundición	45	kg	S/	1,800.00
Planchas acero A36	75	kg	S/	375.00
Planchas aluminio	1	kg	S/	4.00
Rodamientos	1	und	S/	10.00
Cortadora de tubos	1	und	S/	300.00
Construcción	-	-	S/	1,000.00
Costos Indirectos				
Energía eléctrica para construcción	-	-	S/	480.00

Energía eléctrica para diseño	-	-	S/ 200.00
Impresiones	-	-	S/ 240.00
Movilización	-	-	S/ 400.00
Internet	-	-	S/ 160.00
Imprevistos	-	-	S/ 400.00
			S/ 8,569.00

Fuente. Elaboración propia

Considerando la cantidad de roscas que se obtiene por tubo y el costo por tubo según el diámetro respectivo:

Tabla 25. Cantidad de roscas diarias por tubo

Diámetro de tubería (pulg)	Precio de tuberías		Cantidad de roscas por tubo
1/2"	S/	9.00	120
3/4"	S/	11.00	65
1"	S/	17.00	50
1 1/4"	S/	22.00	50
1 1/2"	S/	26.00	80
2"	S/	35.00	80

Fuente. Elaboración propia

Y considerando la siguiente tabla haciendo una comparación entre la producción de roscas por hora con la roscadora de tubos, la cual se obtuvo mediante los datos obtenidos por una roscadora de tubos existente de marca Ridgid 1224, y la producción con el torno utilizado en la empresa YacPlast, la cual se obtuvo mediante un conteo rápido hecha por uno de los trabajadores de la empresa:

Tabla 26. Producción de roscas

Tubos/diámetro	Producción de roscas/h (torno)	Producción de roscas/h (roscadora)
1/2"	100	170
3/4"	85	150
1"	70	130
1 1/4"	60	110
1 1/2"	55	110
2"	50	100

Fuente. Elaboración propia

Se obtuvo:

- En la tabla 27 se puede apreciar la ganancia neta promedio en 1 mes usando una roscadora para el proceso, usando como factores la producción promedio mensual por diámetro del niple con una roscadora, la cual se consiguió mediante los datos obtenidos usando una roscadora de tubos existente de marca Ridgid 1224.
- En la tabla 28 se puede apreciar la ganancia neta promedio en 1 mes usando el torno de la empresa YacPlast, usando como factores la producción promedio mensual por diámetro de niple con el torno de la empresa, cuyos datos fueron brindados por la empresa YacPlast.
- Los precios de los niples según el diámetro fueron brindados por la empresa YacPlast.

Tabla 27. *Ganancia neta promedio mensual con roscadora:*

Producción promedio mensual con roscadora	Precio por niple	Cant. mensual de tuberías a usar	Gasto mensual en tuberías	Ganancia mensual por niple	Ganancia mensual neta
4250	S/ 0.20	36	S/ 324.00	S/ 850.00	S/ 526.00
4412	S/ 0.50	68	S/ 748.00	S/ 2,206.00	S/ 1,458.00
4643	S/ 0.80	93	S/ 1,581.00	S/ 3,714.40	S/ 2,133.40
4167	S/ 1.00	84	S/ 1,848.00	S/ 4,167.00	S/ 2,319.00
5000	S/ 1.00	63	S/ 1,638.00	S/ 5,000.00	S/ 3,362.00
5000	S/ 1.20	63	S/ 2,205.00	S/ 6,000.00	S/ 3,795.00

Fuente. Elaboración propia

Tabla 28. *Ganancia neta promedio mensual con torno:*

Producción promedio mensual con torno	Precio por niple	Cant. mensual de tuberías a usar	Gasto mensual en tuberías	Ganancia mensual por niple	Ganancia mensual neta
2500	S/ 0.20	21	S/ 189.00	S/ 500.00	S/ 311.00
1750	S/ 0.50	27	S/ 297.00	S/ 875.00	S/ 578.00
1250	S/ 0.80	25	S/ 425.00	S/ 1,000.00	S/ 575.00
750	S/ 1.00	15	S/ 330.00	S/ 750.00	S/ 420.00
2000	S/ 1.00	25	S/ 650.00	S/ 2,000.00	S/ 1,350.00
3000	S/ 1.20	38	S/ 1,330.00	S/ 3,600.00	S/ 2,270.00

Fuente. Elaboración propia

Relación entre producción mensual con roscadora y producción mensual con torno:

Tabla 29. *Producción mensual con roscadora y producción mensual con torno*

Diámetro de tubería (pulg)	Relación de producción
1/2"	1.7
3/4"	2.5
1"	3.7
1 1/4"	5.6
1 1/2"	2.5
2"	1.7

Fuente. Elaboración propia

Tabla 30. *Relación de ganancias promedio con ambas máquinas:*

Relación de ganancias		
Ganancia mensual neta con torno	S/	5,504.00
Ganancia mensual neta con roscadora	S/	13,593.40
Incremento de ganancias mensual		2.5

Fuente. Elaboración propia

Se da un mantenimiento mensual y un mantenimiento correctivo anual a la máquina roscadora:

- Mantenimiento mensual:

Tabla 31. *Mantenimiento mensual*

Mantenimiento mensual a roscadora	Costo promedio	
Engrase y llenado de aceite	S/	100.00

Fuente. Elaboración propia

- Mantenimiento anual:

Tabla 32. *Mantenimiento anual*

Mantenimiento correctivo anual a roscadora	Costo promedio	
Cambio de fajas	S/	500.00
Cambio de rodamientos		
Cambio de pila de arranque del motor		
Cambio de piñones desgastados		

Fuente. Elaboración propia

Considerando el flujo de caja anual:

Tabla 33. Flujo de caja anual

mes	ingresos	egresos
enero	S/ 9,169.83	S/ 8,944.00
febrero	S/ 11,003.80	S/ 10,732.80
marzo	S/ 13,204.56	S/ 12,879.36
abril	S/ 15,845.47	S/ 15,455.23
mayo	S/ 19,014.57	S/ 18,546.28
junio	S/ 22,817.48	S/ 22,255.53
julio	S/ 27,380.98	S/ 26,706.64
agosto	S/ 32,857.17	S/ 32,047.97
setiembre	S/ 39,428.60	S/ 38,457.56
octubre	S/ 47,314.33	S/ 46,149.08
noviembre	S/ 56,777.19	S/ 55,378.89
diciembre	S/ 68,132.63	S/ 66,454.67
	S/ 362,946.60	S/ 354,008.01
total		S/ 8,938.59

Fuente. Elaboración propia

Cálculo del VAN y la TIR:

- Valor Actual Neto (VAN):

$$V = \sum_{t=1}^n \frac{B}{(1+i)^t} - I_0$$

En dónde:

BN = Beneficio Neto del flujo del periodo t

lo = Inversión inicial

n = Número de años

i = tasa de descuentos (15%)

Tabla 34. VAN

Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
-S/8,569.00	S/8,938.59	S/9,832.45	S/10,815.70	S/11,897.27	S/13,086.99

VAN S/27,058.78

Fuente. Elaboración propia

La inversión será recuperada en el 1er año.

- Tasa Interna de Retorno (TIR):
La tasa calculada debe ser mayor que la tasa de descuento, que es el 15%, para poder considerar que el proyecto es rentable.

TIR 110%

Fuente. Elaboración propia

La tasa interna de retorno es mucho mayor a la tasa de descuento, entonces se puede considerar que el proyecto es rentable en su totalidad.

V. DISCUSIÓN

La máquina roscadora diseñada en este proyecto servirá de gran apoyo a la empresa YacPlast, ya que mejorará el proceso de producción haciendo que éste sea más efectivo al momento de los acabados de las roscas, asimismo, al agregarle una cortadora de tubos, estaríamos disminuyendo el tiempo de producción general en la empresa, debido a que no se necesitaría trasladar el tubo para realizar el corte respectivo y luego nuevamente realizar el mismo proceso.

El diseño de esta máquina puede ser usado por otras empresas que se dediquen al roscado de tubos.

Haciendo una comparación entre el presente proyecto y Mosquera (2013), tendremos:

- El uso y selección de materiales generales como fajas, el material conformado por toda la máquina (acero ASTM A36) y el material para las uniones de ésta misma (aluminio), fue el mismo debido a que son comerciales, de buena calidad y económicos.
- La comparación entre dimensiones es:

Mosquera (2013), la máquina que se fabricó para esta tesis contó con un chasis que trabaja como soporte de la mesa de trabajo.

Mosquera (2013), dio a conocer una información que se llegó a entender con la realización de la tesis que la máquina cuenta con un soporte que trabaja como fijo.

Para Mosquera (2013), la máquina que uso para este proyecto cumple con la información de este autor ya que tiene un sistema automático.

Mosquera (2013), la información que brindo el autor estuvo acorde con la investigación ya que las fallas que se pueden mostrar en la maquina podría ser falta de lubricación, falla en las cuchillas, etcétera.

Mosquera (2013), muestra unas desventajas al no tener un tipo de cubierta la maquina puede sufrir daños en la carcasa y eso se debería cuidar con pintura.

Asimismo, Gerling (2016), da a conocer que tiempo de roscado se le llama al tiempo que se demora el operario y maquina se demora en roscar.

INEM (2018), esta maquina se debe lubricar en cantidades mínimas. Con respecto a la evaluación económica empleando el VAN y el TIR, se encontró un VAN de S/27,058.78 y una TIR de 110%, lo cual demuestra que, la propuesta es viable y rentable.

VI. CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico del proceso de roscado actual en la empresa Yacplast, analizando la duración del proceso y describiendo los diferentes tipos de roscas que produce la empresa según su diámetro, así como también la cantidad de roscas producidas por hora y por mes, y la función de cada operario a lo largo del proceso; determinando que el proceso en cuanto al torno es lento y debido a ello, la producción es baja; en comparación a usar una máquina roscadora, siendo el tiempo de ciclo de producción de 68.56 minutos.
- Se logró determinar los parámetros de la máquina roscadora, tomando en cuenta las solicitudes de la empresa, donde el material elegido fue acero ASTM A36 para el diseño de las piezas, así como las capacidades de los elementos que otorgarán a la máquina un movimiento de retorno automático.
- Se seleccionaron los componentes electromecánicos empleando el software de diseño Solidwork, analizando en éste los puntos más críticos de la máquina, obteniendo valores máximos y mínimos de tensiones, desplazamientos y deformaciones unitarias. Se simularon las partes más críticas que son, el eje, ya que éste es el que realiza el movimiento radial para que el proceso se lleve a cabo, y el chasis, debido a que soporta todo el peso de las piezas que conforman la máquina. El resultado del diseño calculado en el software fue positivo, debido a que los esfuerzos resultantes tanto como para el eje y para elchasis son menores al límite de fluencia del acero utilizado.
- Se realizó la evaluación económica empleando el VAN y el TIR, en la cual se consideró los costos de inversión para realizar la máquina, las ganancias mensuales con la máquina y el flujo de caja anual otorgado, resultando un VAN de S/27,058.78y TIR de 110%.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar mensualmente un análisis sobre la producción de las roscas utilizando la maquina roscadora, de tal forma que se pueda identificar cuellos de botellas en el proceso.
- Para una futura elaboración de la máquina roscadora de tubos, es necesario tomar en cuenta el eje calculado en este informe, ya que es pieza importante e interviene mucho en el diseño de la roscadora.
- Someter al equipo a las pruebas necesarias para cerciorar lo planteado en el diseño, con respecto tanto a la parte mecánica como eléctrica de la máquina.
- Elaborar un plan de mantenimiento de la máquina para poder garantizar su vida útil tomando en cuenta los siguientes aspectos: tanto el Mantenimiento Diario, en donde se verifique el estado de los mecanismos de la máquina diariamente tales como fajas, poleas, el engrase de las piezas, para evitar problemas al momento de realizar el trabajo. Además de ello verificar el acople de todos los elementos a fin de conseguir un buen desempeño del conjunto y eliminar la posible existencia de fallas como vibraciones excesivas o errores de maquinado. Mientras que, el mantenimiento anual, consistirá en darle un mantenimiento correctivo a la roscadora haciendo un cambio de fajas, rodamientos, cambio de la pila de arranque del motor y cambio de piñones desgastados, asimismo, en dar un mantenimiento preventivo al tablero de control de esta misma, limpiando el tablero con alcohol isopropílico, verificar el estado de los cables, hacer las respectivas mediciones de tensión, corriente, aislamiento, y así poder evitar algún fallo en el mecanismo.

REFERENCIAS

ACUÑA, Geroncio. *Aplicación De Estudio Del Trabajo Para Mejorar La Productividad En La Fabricación De Tubos En La Empresa Arin S.A. Chorrillos, 2018*. Tesis (Título profesional de ingeniero industrial). Lima : Universidad César Vallejo, 2018. 129 pp.

AGUAS, Karina y SALINAS, Fernando. *Diseño y Construcción De Una Máquina Roscadora para tubos desde un cuarto hasta cuatro pulgadas de diámetro Para Proasin*. Tesis (Título profesional de ingeniero mecánico). Sangolquí : Universidad De Las Fuerzas Armadas Espe, 2013. 118 pp.

ALVA, Fortunato. *Diseño De Elementos De Máquinas I*. Lima: Pool Producciones SRL, 2008. 374 pp.

BLACK, Milk. Just In Time Manufacturing. [En Línea] 2016, p.25.

BORJA, Manuel. *Metodología De La Investigación Para Ingenieros*. Chiclayo : Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2012.

CALDERÓN, Ronald. *Estudio Del Sistema De Posicionamiento Semiautomático De Botellas En La Máquina De Roscado Y Su Incidencia En La Disminución De Tiempos De Producción En El Laboratorio De Control De La Carrera De Ingeniería Mecánica* . Ambato : Universidad De Ambato, 2015.

CANTU, Humberto. *Desarrollo De Una Cultura De Calidad*, McGraw Hill, 2da Edición, México. [En Línea] 2015, p.96.

CONDORI, Noel. *Diseño Y Automatización Mecatrónico De Una Roscadora – Etiquetadora Para Envasado De Alcohol En La Región Puno*. Puno : Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2019.

VALAREZO, Guillermo. *Diseño De Un Sistema Roscador De Tapas Inviolables*. Guayaquil : Revista Tecnológica Espol, 2018, Vol. XX.

GERLING, Heinrich. *Alrededor De Las Máquinas - Herramienta*. Editorial Reverte. [En Línea] 2016.

INEM. Roscas Definiciones Y Simbología Inen 137 1976 -03 Ecuador. *Instituto Ecuatoriano De Normalización*. [En Línea] 2018.

OSORIO, Melissa. *Análisis Y Diseño De Propuesta Para El Control De Variables De Proceso En La Línea Pmc Del Área De Roscado En La Empresa Tenaris Tubocaribe*. Cartagena De Indias : Universidad Tecnológica De Bolívar, 2012.

RIDGID. Catálogo: Máquina Roscadora No. 1224 De tubos y personas. Elyria Ohio: Ridge Tool Company. [En Línea], 2017.

RODRÍGUEZ, Ernesto. Metodología De La Investigación. [En Línea] 2017, p. 126.

RUIMONTE, Francisco. Calidad, productividad y posición competitiva. [En Línea] 2014, p.45.

SAMPIERI, Roberto. Metodología de la investigación . *Mc Drill Hill Education*. [En Línea] 2014, 166 pp. [Http://Observatorio.Epacartagena.Gov.Co/Wp-Content/Uploads/2017/08/Metodologia-De-La-Investigacion-Sexta-Edicion.Compressed.Pdf](http://Observatorio.Epacartagena.Gov.Co/Wp-Content/Uploads/2017/08/Metodologia-De-La-Investigacion-Sexta-Edicion.Compressed.Pdf).

SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología De La Investigación Científica*. México D.F.: Mc Graw Hill, 2010.

ZAVALA, Gustavo. *Optimización Y Mejora De La Eficiencia En La Manufactura De Tubos De 1/2" A 4" Pulgadas, En Una Fábrica De Tubos De Acero*. Guatemala : Universidad De San Carlos De Guatemala, 2008.

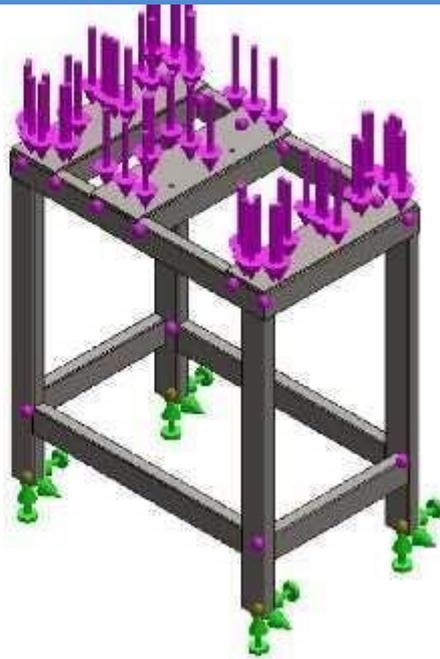
ANEXOS

Tabla 35. Variable independiente.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	UNIDADES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Diseño de máquina roscadora	Aplicación de conceptos y cálculos ingenieriles para la obtención de una máquina.	Conjunto de criterios, parámetros, condiciones y valores numéricos que describen el comportamiento de una máquina roscadora.	Potencia Velocidad lineal Velocidad Angular	Watts m/s rad/s. Rpm	vatímetro tacómetro

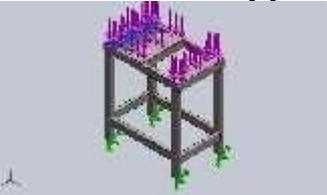
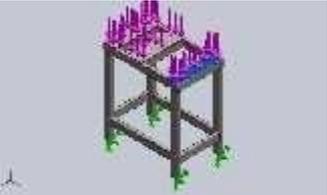
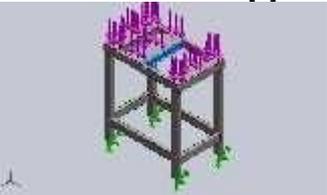
Tabla 36. Variable dependiente.

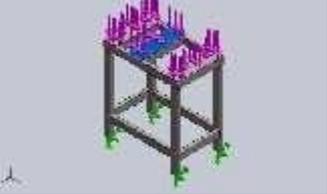
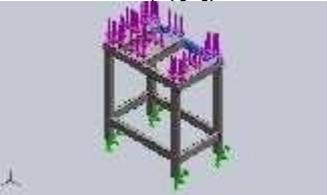
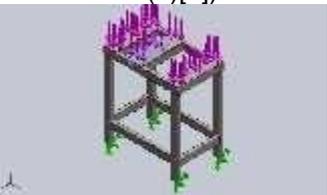
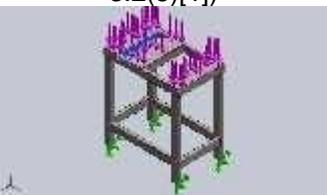
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	UNIDAD	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Tiempo de producción	tiempo necesario para realizar una o varias operaciones. Compuesto por los tiempos de: espera, preparación, operación y transferencia.	Índice de productividad	Tiempo	Hora	Cronometro/reloj

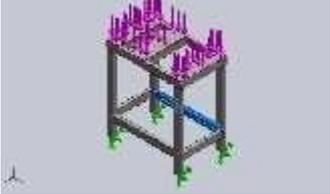
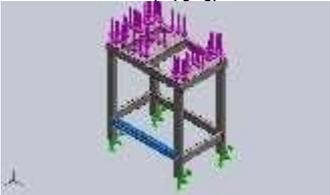
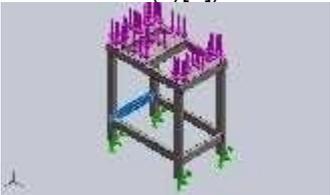
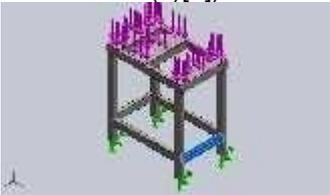


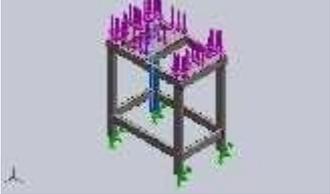
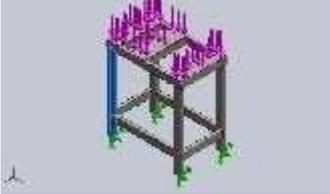
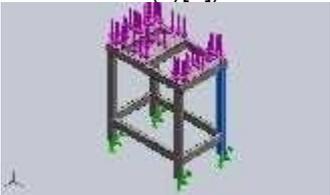
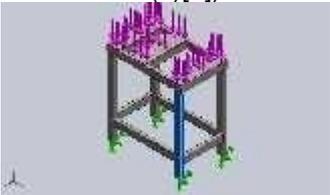
Nombre del modelo: CHASIS
 Configuración actual: Predeterminado<Como mecanizada>

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir1[1] 	Sólido	Masa:4.8778 kg Volumen:0.000621376m ³ Densidad:7,850 kg/m ³ Peso:47.8025 N	
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:5.37901 kg Volumen:0.000685225m ³ Densidad:7,850 kg/m ³ Peso:52.7143 N	
Saliente-Extruir1[3] 	Sólido	Masa:4.41007 kg Volumen:0.000561792m ³ Densidad:7,850 kg/m ³ Peso:43.2187 N	
Nombre de documento y referencia	Formulación	Propiedades	

<p>Viga-1(Rectangular tube - configured 60 X 40 X 3.2(1)[3])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:840mm Volumen:0.000381109m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:2.9917kg Peso:29.3187N</p>	
<p>Viga-2(Rectangular tube - configured 60 X 40 X 3.2(5)[3])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000393699m² Longitud:460mm Volumen:0.000181102m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:1.42165kg Peso:13.9321N</p>	
<p>Viga-3(Rectangular tube - configured 60 X 40 X 3.2(5)[2])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000393699m² Longitud:460.015mm Volumen:0.000181108m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:1.42169kg Peso:13.9326N</p>	
<p>Viga-4(Rectangular tube - configured 60 X 40 X 3.2(5)[1])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000393699m² Longitud:460.015mm Volumen:0.000181108m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:1.42169kg Peso:13.9326N</p>	

<p>Viga-5(Rectangular tube - configured 60 X 40 X 3.2(4)[2])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:720mm Volumen:0.000326663m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:2.56431kg Peso:25.1302N</p>	
<p>Viga-6(Rectangular tube - configured 60 X 40 X 3.2(4)[1])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:720mm Volumen:0.000326663m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:2.56431kg Peso:25.1302N</p>	
<p>Viga-7(Rectangular tube - configured 60 X 40 X 3.2(3)[2])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:460mm Volumen:0.000208702m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:1.63831kg Peso:16.0554N</p>	
<p>Viga-8(Rectangular tube - configured 60 X 40 X 3.2(3)[1])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección-weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:460mm Volumen:0.000208702m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:1.63831kg Peso:16.0554N</p>	

<p>Viga-9(Rectangular tube -configured 60 X 40 X 3.2(2)[4])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección- weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:900mm Volumen:0.000408329m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:3.20538kg Peso:31.4128N</p>	
<p>Viga-10(Rectangular tube -configured 60 X 40 X 3.2(2)[3])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección- weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:900mm Volumen:0.000408329m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:3.20538kg Peso:31.4128N</p>	
<p>Viga-11(Rectangular tube -configured 60 X 40 X 3.2(2)[2])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección- weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:900mm Volumen:0.000408329m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:3.20538kg Peso:31.4128N</p>	
<p>Viga-12(Rectangular tube -configured 60 X 40 X 3.2(2)[1])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección- weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:900mm Volumen:0.000408329m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:3.20538kg Peso:31.4128N</p>	

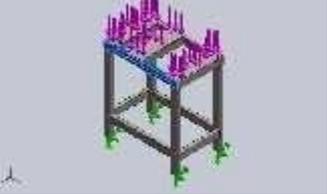
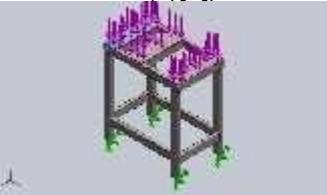
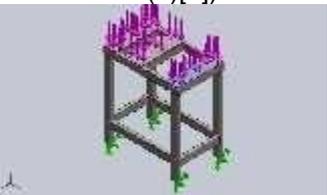
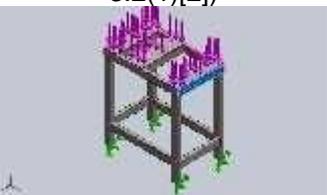
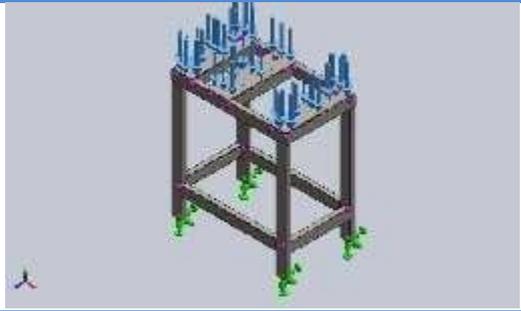
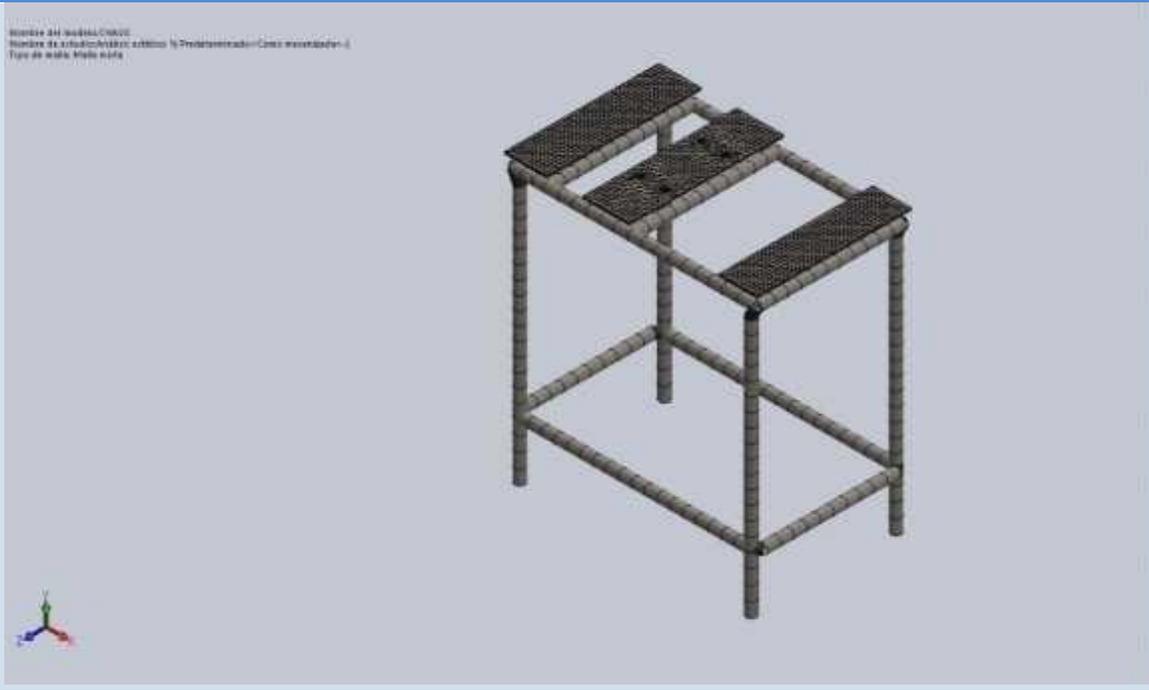
<p>Viga-13(Rectangular tube -configured 60 X 40 X 3.2(1)[1])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección- weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:840mm Volumen:0.000381109m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:2.9917kg Peso:29.3187N</p>	
<p>Viga-14(Rectangular tube -configured 60 X 40 X 3.2(1)[4])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección- weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:500mm Volumen:0.00022685m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:1.78078kg Peso:17.4516N</p>	
<p>Viga-15(Rectangular tube -configured 60 X 40 X 3.2(5)[4])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección- weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000393699m² Longitud:460mm Volumen:0.000181102m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:1.42165kg Peso:13.9321N</p>	
<p>Viga-16(Rectangular tube -configured 60 X 40 X 3.2(1)[2])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p>Estándar de sección- weldment perfiles/iso/rectangular tube Área de sección: 0.000453699m² Longitud:500mm Volumen:0.00022685m³ 3Densidad:7,850kg/m³ Masa:1.78078kg Peso:17.4516N</p>	

Tabla 37. Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		<p>Tipo: Unión rígida</p> <p>Componentes: 1 componente(s)</p> <p>Opciones: Mallado compatible</p>

Fuente. Elaboración propia

Tabla 38. Información de malla – detalles

Número total de nodos	16636
Número total de elementos	8265
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	
	

Fuente. Elaboración propia

Tabla 39. Fuerzas de viga

Nombre de viga	Jun tas	Axial(N)	Corte1 (N)	Corte2 (N)	Momento1(N.m)	Momento2(N.m)	Torsión(N.m)
Viga-1 (Rectangular tube - configure d60 X 40 X 3.2(1)[3])	1	168.562	12.0802	-7.30434	-0.654116	-20.4424	-0.156456
	2	-35.7873	147.582	5.00885	0.527192	-24.6075	0.366171
	3	-58.2717	205.753	-9.29696	-0.139666	-4.08122	0.0677172
	4	104.919	-240.171	-6.64961	-0.0725972	-21.9411	-0.0249724
	5	-135.962	-195.338	-12.6339	-0.149239	19.2016	0.362645
	6	-35.9132	-97.2419	-2.27308	-0.271644	3.42193	-0.00315614
Viga-2 (Rectangular tube - configure d60 X 40 X 3.2(5)[3])	1	89.9653	-82.5298	26.7784	1.05681	3.191	-0.348445
	2	-68.0279	-83.3364	25.9238	-1.03676	-2.56936	-0.0136541
Viga-3 (Rectangular tube - configure d60 X 40 X 3.2(5)[2])	1	39.042	-83.4881	-23.594	-1.10834	1.73568	0.0231432
	2	-61.4554	-84.3533	-28.0981	1.12043	-2.60391	0.0287268
Viga-4 (Rectangular tube - configure d60 X 40 X 3.2(5)[1])	1	46.9515	-63.4534	0.229208	0.0898282	0.995314	0.167053
	2	-53.8466	-66.762	-2.39277	-0.0290217	-1.47497	0.298109
Viga-5 (Rectangular tube - configure d60 X 40 X 3.2(4)[2])	1	-62.7335	0.803369	-0.00369793	-0.0301388	-1.08123	0.00251041
	2	62.7335	-0.803369	0.00369793	0.0330971	1.72393	-0.00251041
Viga-6 (Rectangular tube - configure d60 X 40 X 3.2(4)[1])	1	-62.818	0.78171	0.00701421	0.0302998	-1.09175	-0.00186924
	2	62.818	-0.78171	-0.00701	-0.0359112	1.71712	0.00186924

				421			
Viga- 7(Rectan gular tube -	1	6.909 7 6	- 0.0125 4 81	- 0.0031 1 395	0.0544261	-0.50443	0.0014543 4

Nombre de viga	Jun t as	Axial(N)	Corte1 (N)	Corte2 (N)	Momento1(N.m)	Momento2(N.m)	Torsión(N.m)
configured 60 X 40 X 3.2(3)[2])	2	- 6.909 7 6	0.01254 81	0.00311 395	-0.0558585	0.510203	- 0.0014543 4
Viga- 8(Rectang ular tube - configure d60 X 40 X 3.2(3)[1])	1	7.248 9 3	0.01696 7	0.02606 52	-0.0514232	-0.534424	0.0003942 7 8
	2	- 7.248 9 3	- 0.0169 6 7	- 0.0260 4 65	0.0634089	0.526619	- 0.0003929 0 3
Viga- 9(Rectang ular tube - configure d60 X 40 X 3.2(2)[4])	1	392.1 3 9	- 26.8304	2.5338	-0.0553473	-0.0553094	-0.0603017
	2	- 392.9 5 5	- 35.9063	4.37142	2.10733	18.7436	0.0065849 9
	3	- 392.9 5 5	- 35.9063	4.37243	-0.748975	-4.71518	0.0066008 2
Viga- 10(Rectan gular tube - configure d60 X 40 X 3.2(2)[3])	1	392.3 0 6	- 26.8609	- 2.53392	0.0540722	-0.0481703	0.0619483
	2	- 393.0 7 5	-35.954	- 4.36883	0.757417	-4.73912	-0.0099737
	3	- 393.0 7 5	-35.954	- 4.36883	-2.09688	18.7508	- 0.0099736 6
Viga- 11(Rectan gular tube - configure d60 X 40 X 3.2(2)[2])	1	343.6 1 1	26.8257	2.64953	-0.0565028	-0.300017	0.0616057
	2	- 342.7 9 1	35.9334	4.603	2.21166	-17.7646	- 0.0006112 5
	3	- 342.7 9 1	35.9343	4.60387	-0.795899	5.7122	- 0.0006229 6 9
Viga- 12(Rectan gular tube - configure d60 X 40 X 3.2(2)[1])	1	343.4 4 4	26.8656	- 2.64941	0.0578644	-0.29327	-0.0656946
	2	- 342.6 7 9	35.9268	- 4.60653	0.785194	5.70687	0.0205633
	3	- 342.6 7 9	35.9259	- 4.60653	-2.22441	-17.765	0.0205649
Viga-	1	- 35.94 7	- 97.7283	2.27662	-0.353252	-24.0171	0.165641

13(Rectan gular tube - configure d60 X 40 X 3.2(1)[1])	2	- 36.07 2 9	147.948	- 5.00541	-0.340525	-17.6873	-0.41663
	3	- 116.0 3 4	237.88	- 2.39483	-0.461654	2.20642	-0.249612
	4	150.3 9 3	- 228.978	10.8374	-0.046198	-19.8432	-0.0370254

Nombre de viga	Jun tas	Axial(N)	Corte1 (N)	Corte2 (N)	Momento1(N.m)	Momento2(N.m)	Torsión(N.m)
	5	- 140.8 5 8	-193.91	3.38046	-0.269597	18.5956	- 0.0747299
	6	- 35.94 7	- 97.7283	2.27662	0.280949	3.20717	0.165641
Viga-14(Rectangular tube - configure d60 X 40 X 3.2(1)[4])	1	31.72 5 2	97.3809	- 1.69881	0.331563	-2.73928	-2.43096
	2	- 26.09 5 7	114.289	2.91508	-0.216328	2.98902	-2.38485
Viga-15(Rectangular tube - configure d60 X 40 X 3.2(5)[4])	1	57.91 3 4	- 70.4016	4.14417	0.0092638 9	2.09892	-0.616464
	2	- 52.05 0 1	- 65.8427	2.99955	- 0.0132345	-1.55175	-0.425994
Viga-16(Rectangular tube - configure d60 X 40 X 3.2(1)[2])	1	31.05 5 3	112.867	0.39067 6	-0.268541	-3.49285	2.06689
	2	- 36.32 8 3	101.14	- 0.8646 3 9	0.340977	3.29732	2.27294

Fuente. Elaboración propia

Tabla 40. Tensiones de Viga

Nombre de viga	Jun tas	Axial(N/ m^2)	Dir. de pliegue1(N/ m^2)	Dir. de pliegue2(N/ m^2)	Torsio nal (N/m^ 2)	Tensión axial y de flexión en ellímite superior(N/ m^2)
Viga-1(Rectangular tube - configured 60 X 40 X 3.2(1)[3])	1	371,527	-102,836	2.18887e+06	- 21,953. 1	2.66324e+06
	2	-78,879	82,881.7	2.63486e+06	51,379.3	2.79662e+06
	3	-128,437	- 21,957.4	436,997	9,501.75	587,392
	4	-231,252	11,413.3	- 2.34934e+06	- 3,504.0 1	2.59201e+06
	5	-299,674	- 23,462.4	- 2.05602e+06	50,884.7	2.37916e+06
	6	-79,156.5	- 42,706.2	-366,404	-442.855	488,267
Viga-	1	228,513	300,207	-452,160	-109,492	980,880

2(Rectangular tube - configured 60 X 40 X 3.2(5)[3])	2	172,792	294,512	-364,074	- 4,290.5 3	831,378
	1	99,167.2	-314,845	-245,944	7,272.28	659,955

Nombre de viga	Jun tas	Axial(N/ m^2)	Dir. de pliegue1(N/ m^2)	Dir. de pliegue2(N/ m^2)	Torsio nal (N/m^ 2)	Tensión axial y de flexión en ellímite superior(N/ m^2)
Viga-3(Rectang ular tube - configured 60 X 40 X 3.2(5)[2])	2	156,097	-318,280	-368,971	9,026.8 2	843,348
Viga-4(Rectang ular tube - configured 60 X 40 X 3.2(5)[1])	1	119,257	25,517.5	-141,035	52,492. 9	285,809
	2	136,771	8,244.19	-209,002	93,674. 8	354,017
Viga-5(Rectang ular tube - configured 60 X 40 X 3.2(4)[2])	1	138,271	4,738.22	-115,773	352.249	258,783
	2	138,271	5,203.31	-184,590	- 352.249	328,064
Viga-6(Rectang ular tube - configured 60 X 40 X 3.2(4)[1])	1	138,457	- 4,763.55	-116,900	- 262.282	260,121
	2	138,457	- 5,645.73	-183,861	262.282	327,964
Viga-7(Rectang ular tube - configured 60 X 40 X 3.2(3)[2])	1	15,229.8	8,556.52	54,012	204.066	77,798.3
	2	15,229.8	8,781.71	54,630	- 204.066	78,641.6
Viga-8(Rectang ular tube - configured 60 X 40 X 3.2(3)[1])	1	15,977.4	- 8,084.43	57,223.5	55.3232	81,285.4
	2	15,977.4	- 9,968.74	56,387.8	- 55.1303	82,334
Viga-9(Rectang ular tube - configured 60 X 40 X 3.2(2)[4])	1	-864,315	8,701.35	-5,922.27	- 8,461.2 4	878,938
	2	-866,113	331,300	- 2.00698e+06	923.975	3.20439e+06
	3	-866,113	-117,749	504,879	926.195	1.48874e+06
Viga-10(Rectan gular tube - configured 60 X 40 X 3.2(2)[3])	1	-864,683	- 8,500.89	-5,157.84	8,692.3	878,342
	2	-866,379	119,076	507,442	- 1,399.4 6	1.4929e+06
	3	-866,379	-329,658	- 2.00775e+06	- 1,399.4 6	3.20379e+06
Viga-	1	-757,355	8,883.01	-32,124.4	8,644.2 1	798,362

11(Rectang	2	-755,547	347,703	1.90215e+06	- 85.7677	3.00539e+06
------------	---	----------	---------	-------------	--------------	-------------

Nombre de viga	Jun tas	Axial(N/ m^2)	Dir. de pliegue1(N/ m^2)	Dir. de pliegue2(N/ m^2)	Torsio nal (N/m^ 2)	Tensión axial y de flexión en ellímite superior(N/ m^2)
ular tube - configure d60 X 40 X 3.2(2)[2]	3	-755,546	-125,126	-611,635	-87.412	1.49231e+06
Viga-12(Rectan gular tube - configured 60 X 40 X 3.2(2)[1])	1	-756,987	- 9,097.08	-31,401.9	9,217.9 5	797,486
	2	-755,301	123,443	-611,065	2,885.3 4	1.48981e+06
	3	-755,301	-349,707	1.90219e+06	2,885.5 6	3.0072e+06
Viga-13(Rectan gular tube - configured 60 X 40 X 3.2(1)[1])	1	-79,231	-55,536	2.57164e+06	23,241. 9	2.70641e+06
	2	-79,508.4	- 53,535.2	1.89387e+06	- 58,459. 6	2.02692e+06
	3	-255,750	- 72,578.3	-236,253	- 35,024. 4	564,582
	4	-331,481	7,262.95	- 2.12472e+06	- 5,195.2 3	2.46346e+06
	5	-310,465	- 42,384.3	- 1.99112e+06	- 10,485. 8	2.34397e+06
	6	-79,231	44,169	-343,408	23,241. 9	466,808
Viga-14(Rectan gular tube - configured 60 X 40 X 3.2(1)[4])	1	69,925.7	52,126.3	293,309	- 341,101	415,361
	2	57,517.7	34,009.7	320,050	- 334,630	411,577
Viga-15(Rectan gular tube - configured 60 X 40 X 3.2(5)[4])	1	147,101	2,631.59	-297,414	- 193,711	447,146
	2	132,208	3,759.51	-219,881	- 133,860	355,848
Viga-16(Rectan gular tube - configured 60 X 40 X 3.2(1)[2])	1	68,449.2	- 42,218.3	373,997	290,017	484,665
	2	80,071.4	- 53,606.3	353,061	318,929	486,739

Fuente. Elaboración propia