



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Propuesta de diseño de una bobinadora eléctrica para minimizar el tiempo de despacho de conductores eléctricos, en la empresa eléctricos del norte S.A.C.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Altamirano Villanueva, Brain Eduardo (orcid.org/0000-0002-8185-3755)
Asmat Riojas, Luis Francisco (orcid.org/0000-0001-9859-9354)

ASESORES:

Ing. Mírez Tarrillo, Jorge Luis (orcid.org/0000-0002-5614-5853)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO — PERÚ

2023

Dedicatoria

A Dios, por enseñarnos a compartir
su verdadero amor con los demás.

Por su amor, respaldo y confianza en la
realización de esta investigación,
dedicamos la presente a nuestros padres,
amigos y familiares.

Agradecimiento

Agradezco, a Dios, por su ayuda espiritual en cada paso de este estudio, inspirándonos para llegar a nuestros objetivos profesionales.

A mi familia, por ser mi pilar y sostén en esta jornada académica, su constante respaldo y confianza en mí, así como sus consejos sabios y el sacrificio para permitirme perseguir mis metas académicas.

Asmat Riojas, Luis Francisco.

A Dios por la salud de mis padres, Merci y César, quienes me apoyaron a lograr este objetivo. y a los docentes que me formaron en esta etapa profesional.

Altamirano Villanueva Brain Eduardo.

Al docente, agradecemos su paciencia, apoyo y comprensión durante la ejecución de esta investigación, proporcionando respuestas a nuestras preguntas de estudio.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	24
3.1 Tipo y diseño de investigación	24
3.1.1 Tipo de investigación	24
3.1.2 Diseño de investigación	24
3.2. Variables y operacionalización	24
3.3 Población, muestra y muestreo	25
3.3.1 Población	25
3.3.2 Muestra	27
3.3.3 Muestreo	28
3.3.4 Unidad de análisis	28
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5 Procedimientos.....	29
3.6. Método de análisis de datos.....	29
IV. RESULTADOS.....	31
4.1. Requerimientos y demandas del proceso de bobinado.....	31
4.2. Normas de diseño	33
4.3. Sugerencias de diseño.....	34
4.4. Requisitos ingenieriles.....	35
4.5. Elección de diseño conceptual	35

4.6. Dimensiones generales	36
4.7. Elección de material	38
4.7.1. Material para eje principal	38
4.7.2. Material para estructura.....	39
4.8. Cálculos mecánicos	39
4.8.1. Torque para el bobinado	39
4.8.2. Reacciones en el eje de soporte	40
4.8.3. Paramétrico del eje soporte.....	41
4.8.4. Caja negra.....	41
4.8.5. Tabla de parámetros	43
4.8.6. Resultado obtenido de la simulación	43
4.9. Simulación por el método de elementos finitos	45
4.9.1. Simulación del eje	45
4.10. Simulación del comportamiento estructural de la máquina	50
4.10. Sistema automatizado de control	55
4.11. Sistema de control del motorreductor.....	57
4.12. Máximo nivel de fuerza o carga del conductor eléctrico THW-90(THW-90+PLUS)	59
4.13. Velocidad en RPM de la máquina bobinadora eléctrica	62
4.14. Elección de los componentes estándar.....	63
4.14.1. Elección del motorreductor.....	63
4.14.2. Elección del rodamiento	63
4.15. Diseño de detalle.....	64
4.16. Evaluación financiera	65
V. DISCUSIÓN	67
VI. CONCLUSIONES	70
VII. RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS	77

Índice de tablas

Tabla 1 Cable NH-80	25
Tabla 2 Cable Concéntrico de cobre	26
Tabla 3 Cable NMT-NLT(Vulcanizado)	26
Tabla 4 Cable THW-90 (THW-90+PLUS)	27
Tabla 5 Técnica e instrumento	28
Tabla 6 Síntesis de las encuestas realizadas.....	32
Tabla 7 Sugerencias de diseño.....	34
Tabla 8 Tabla de requisitos	35
Tabla 9 Datos para el cálculo del torque.....	39
Tabla 10 Variables de entrada	40
Tabla 11 Resultados de la determinación de las reacciones.....	40
Tabla 12 Parámetros y sus respectivos valores para la simulación	43
Tabla 13 Parámetros del eje para la simulación.....	45
Tabla 14 Parámetros y sus respectivos valores para la simulación	52
Tabla 15 Gastos relacionados con los materiales	65
Tabla 16 Gastos vinculados con el trabajo manual, servicios de terceros y la utilización de equipos	66
Tabla 17 Indicadores financieros.....	66

Índice de figuras

Figura 1 Fuerzas presentes en un eje (DCL)	9
Figura 2 Montaje general de una chaveta	12
Figura 3 Fuerzas que actúan en la chaveta	12
Figura 4 Denominación de un rodamiento	13
Figura 5 Fuerzas que inciden sobre un cojinete	14
Figura 6 Parámetros de selección del fabricante Lentax	15
Figura 7 Tabla de Factor de Servicio	17
Figura 8 Variador de frecuencia	18
Figura 9 Interruptor de Pedal	19
Figura 10 Factor del radio de curvatura BT	21
Figura 11 Diagrama de Procedimiento	29
Figura 12 Diseño de maquina (Boceto mejorado)	36
Figura 13 Dimensiones de Carrete.....	37
Figura 14 Máquina bobinadora (Medidas totales)	38
Figura 15 Eje de soporte (Sección de la caja negra)	42
Figura 16 Ilustración visual de las variables aplicadas al eje bajo condiciones de fatiga.	44
Figura 17 Eje de soporte 3D.....	45
Figura 18 Resultado - Equivalente de Von Mises.....	46
Figura 19 Resultado - Equivalente al estrés.....	46
Figura 20 Resultado – Deformación total	47
Figura 21 Resultado – Vida útil estimada del eje	47
Figura 22 Resultado – Parámetro de daño del eje	48
Figura 23 Resultado – Factor de Seguridad del Eje	49
Figura 24 Representación tridimensional del diseño estructural.	50
Figura 25 Comportamiento estructural de la máquina (Sección de la caja negra)	51
Figura 26 Resultado – Tensión Von Mises de la estructura	53
Figura 27 Resultado – Deformación equivalente de la estructura	53
Figura 28 Resultado – Desplazamiento de la estructura.....	54

Figura 29 Resultado – Coeficiente de seguridad de la estructura	54
Figura 30 Esquema de funciones para la máquina encargada de bobinar cables eléctricos.	56
Figura 31 Esquema de fuerza y control para la máquina bobinadora.	58
Figura 32 Parámetros del conducto eléctrico THW-90(THW-90+PLUS)	61
Figura 33 Parámetros de selección del fabricante Lentax	63
Figura 34 Parámetros del rodamiento	64
Figura 35 Diseño general de la máquina bobinadora.	64
Figura 36 Tabla de especificaciones técnicas de TWH – 90	78
Figura 37 Tabla de especificaciones técnicas de NH-80	78
Figura 38 Tabla de especificaciones técnicas de NMT	79
Figura 39 Tabla de especificaciones técnicas de cable concéntrico de cobre	79
Figura 40 Reacciones Eje soporte	84
Figura 41 Boceto de bobinadora eléctrica (Primera Versión propuesta)	105
Figura 42 Boceto de bobinadora eléctrica (Versión mejorada)	105
Figura 43 Boceto Final de bobinadora eléctrica	106
Figura 44 Ensamblaje de diseño 3D	107
Figura 45 Archivo que contiene el diseño de los componentes en SolidWorks ..	107
Figura 46 Montaje final de la estructura 3D	108
Figura 47 Diagrama de fuerza y mando	109
Figura 48 Diagrama de fuerza y mando (funcionando con el pedal accionado) ..	109

RESUMEN

El propósito fundamental del estudio, consistió en desarrollar una propuesta de diseño para una bobinadora eléctrica que optimice significativamente el tiempo de despacho de conductores eléctricos, con un enfoque específico en el conductor eléctrico THW-90 (THW-90+PLUS) de la marca INDECO, en la empresa Eléctricos del Norte S.A.C.; dado que la empresa se encuentra ante un desafío durante la fase de despacho, por la falta del equipo adecuado para el enrollado de conductores eléctricos, que se comercializan en longitudes que van, desde 1 hasta 100 metros. Esto crea limitaciones, ya que el proceso de enrollado es manual, generando tiempos prolongados tanto para la empresa, como para los clientes. Este inconveniente se intensifica cuando se atienden múltiples pedidos simultáneamente. Durante la fase inicial del proceso de diseño, se realizó una encuesta a siete empleados de la empresa, con el propósito de identificar los requerimientos y demandas del proceso de bobinado. Posteriormente, se identificó las normas establecidas de diseño, seguido de las sugerencias de diseño y los requisitos ingenieriles, generando la elección más adecuada del diseño conceptual y paramétrico. Se procedió a emplear SolidWorks para realizar la modelización tridimensional de los componentes críticos de la máquina, seguido de un examen de elementos finitos a través de ANSYS para evaluar la reacción de la máquina frente a las cargas de trabajo previstas. Los resultados derivados de la simulación del eje mostraron un desplazamiento total prácticamente insignificante y un factor de seguridad de 2.27, situándose dentro del rango aconsejado para el diseño. Por otro lado, se determinó la velocidad en revoluciones por minuto (55.08 RPM aproximadamente) de la máquina bobinadora eléctrica, para enrollar 100 metros de conductor eléctrico en un período de 15 minutos. En última instancia, se realizó una evaluación económica del proyecto, estableciendo un costo total de inversión de S/. 5,370.00 nuevos soles, para la máquina bobinadora eléctrica en la empresa Eléctricos del Norte S.A.C. Concluyendo, que es viable la implementación de una bobinadora eléctrica para reducir el tiempo en la etapa de despacho de conductores eléctricos en la empresa Eléctricos del Norte S.A.C.

Palabras clave: Bobinadora eléctrica, conductores eléctricos, evaluación económica, viabilidad, simulación y diseño.

ABSTRACT

The main purpose of the study was to develop a design proposal for an electrical coiler that significantly optimizes the time of dispatch of electrical conductors, with a specific focus on the electrical conductor THW-90 (THW-90+PLUS) of the INDECO brand, in the company Eléctricos del Norte S.A.C.; since the company is facing a challenge during the dispatch phase, due to the lack of adequate equipment for the coiling of electrical conductors, which are marketed in lengths ranging from 1 to 100 meters. This creates limitations, since the winding process is manual, generating long times for both the company and its customers. This inconvenience is intensified when multiple orders are handled simultaneously. During the initial phase of the design process, seven company employees were surveyed to identify the requirements and demands of the winding process. Subsequently, established design standards were identified, followed by design suggestions and engineering requirements, generating the most appropriate choice of conceptual and parametric design. SolidWorks was used to perform the three-dimensional modeling of the machine's critical components, followed by a finite element examination using ANSYS to evaluate the machine's reaction to the expected workloads. The results derived from the shaft simulation showed a practically negligible total displacement and a safety factor of 2.27, which is within the range recommended for the design. On the other hand, the speed in revolutions per minute (55.08 RPM approximately) of the electric winding machine was determined, to wind 100 meters of electric conductor in a period of 15 minutes. Finally, an economic evaluation of the project was carried out, establishing a total investment cost of S/. 5,370.00 nuevos soles, for the electrical winding machine in the company Electricos del Norte S.A.C. Concluding that the implementation of an electrical winding machine is feasible to reduce the time in the dispatch stage of electrical conductors in the company Electricos del Norte S.A.C.

Keywords: Electrical winder, electrical conductors, economic evaluation, feasibility, simulation and design.

I. INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más interconectado, el problema de la demanda de energía eléctrica surge como una preocupación significativa que impacta la estabilidad geopolítica y la sostenibilidad ambiental. Asimismo, la creciente demanda de energía limpia y renovable, combinada con la inquietud acerca del cambio climático está generando transformaciones en la producción, el consumo y la mentalidad en torno a la energía a escala global. En este contexto, es necesario explorar los desafíos y oportunidades que presenta la energía en el ámbito global, teniendo en cuenta factores como la seguridad energética, la transición hacia fuentes de energía más sostenibles y el papel de las nuevas tecnologías en la configuración del futuro energético. Anticipando un incremento del 4.6 % en la demanda de energía eléctrica para el siguiente año, según las proyecciones de la Agencia Internacional de Energía (2023). Este crecimiento se focaliza principalmente en las economías emergentes y en desarrollo, destacándose la República Popular China como líder con un 50 % del incremento a nivel global.

En los últimos años, en el Perú la demanda de energía eléctrica ha mostrado un crecimiento sostenido, impulsado por el dinamismo económico y social del país. Datos del Banco Central de Reserva del Perú (2021) indican que la demanda máxima de potencia eléctrica alcanzó los 6,960 MW en 2021, y se proyecta un aumento a una tasa promedio anual del 4.9 % hasta 2024, llegando a los 8,427 MW. El incremento en la demanda se atribuye principalmente al avance de proyectos, tanto en el ámbito minero como no minero, y al aumento en el consumo residencial e industrial. En este contexto, la venta de conductores eléctricos juega un papel esencial en la distribución eficaz de la energía en todas las redes.

De acuerdo al estudio de la revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, llevada a cabo por Gómez, Mayáns y Jiménez (2015), reconocen que uno de los desafíos para la aceptación de máquinas bobinadoras radica en el considerable gasto inicial, lo que dificulta su incorporación en empresas de pequeño y mediano tamaño. En la actualidad, se destaca la necesidad imperante de contar con una bobinadora, ya que, comúnmente, este proceso se realiza de forma manual o con herramientas mecánicas inapropiadas.

Un ejemplo es la empresa Eléctricos del Norte S.A.C. que inició su vida empresarial el 26 de Julio en el 2007, enfocada en la construcción de edificios y telecomunicaciones; suministrando para sus proyectos, diversos tipos de conductores eléctricos enrollados manualmente, como son: Cable NH-80, Cable Concéntrico de Cobre; Cable NMT (vulcanizado) y cable THW-90 (THW-90 Plus); de las marcas INDECO, ELCOPE y BRANDE. Siendo INDECO una de las marcas de conductores eléctricos que más demanda tiene en proporcionan con las demás. Esta empresa, cuenta con 7 trabajadores que se reparten en las áreas de: Administración, Ventas, Diseño, Almacén, Proyectos y Recursos Humanos.

En la actualidad, la empresa enfrenta un desafío en la fase de despacho de cables eléctricos; la falta del equipo adecuado, dificulta la medición, el enrollado y el despacho de la misma, ya que se comercializan en longitudes que van desde 1 hasta 100 metros. Esta diversidad crea limitaciones en el proceso de enrollado, ya que es manual, generando tiempos prolongados tanto para la empresa, como para la atención al cliente, especialmente cuando se manejan múltiples pedidos simultáneos, generando así incomodidades tanto en el entorno laboral como en la experiencia del cliente.

Frente a esta situación surge la siguiente interrogante: ¿De qué manera una maquina bobinadora eléctrica podrá minimizar el tiempo de despacho de conductores eléctricos en la empresa Eléctricos del Norte S.A.C.?

Planteándose de este modo el siguiente objetivo general: Desarrollar una propuesta de diseño para una bobinadora eléctrica que optimice significativamente el tiempo de despacho de conductores eléctricos, con un enfoque específico en el conductor eléctrico THW-90 (THW-90+PLUS) de la marca INDECO, en la empresa Eléctricos del Norte S.A.C.; y como objetivos específicos: 1) Identificar los requerimientos y demandas del proceso de enrollado de conductores eléctricos. 2) Utilizar principios de ingeniería y diseño para calcular y dimensionar los componentes de la bobinadora eléctrica, tanto mecánicos, como eléctricos. 3) Simular los componentes dinámicos y estructurales de la bobinadora eléctrica. 4) Realizar un presupuesto de la bobinadora eléctrica diseñada.

Este estudio se realiza con el propósito de mejorar la eficiencia operativa, al implementar una bobinadora eléctrica, que garantice el enrollado de conductores eléctricos de manera uniforme y ordenado, simplificando así el proceso de enrollado y despacho. Este enfoque busca reducir el tiempo de enrollado y despacho de conductores eléctricos al cliente, permitiendo atender a más clientes de forma más eficiente y segura. La introducción de una bobinadora eléctrica, también contribuye a la seguridad laboral, ya que elimina la necesidad de que los trabajadores realicen el enrollado manual, una tarea que puede resultar físicamente exigente y, si no se realiza adecuadamente, representa un riesgo. Además, la máquina enrolladora puede incluir funciones adicionales de seguridad, como dispositivos de protección contra sobrecarga o sobrecalentamiento.

Finalmente, la información presentada anteriormente contribuirá a solucionar la problemática identificada en la empresa Eléctricos del Norte S.A.C.

II. MARCO TEÓRICO

Con el propósito de respaldar este estudio, se examinaron distintos antecedentes relacionados con el problema, los cuales se consideran valiosos y enriquecedores, contribuyendo a dar respuesta a los objetivos establecidos.

A nivel internacional, de acuerdo con la investigación por Gutiérrez y Melo (2018) en Nueva Granada, titulado “Elaboración y desarrollo de una máquina bobinadora semiautomática para motores Brushless”, se identificó como principal desafío la urgencia de aumentar la eficacia en el procedimiento de enrollado. El propósito del estudio consistió en elaborar una máquina enrolladora semiautomática destinada a la fabricación de motores Brushless. Los resultados revelaron la relevancia de disponer de maquinaria especializada, ya que lograron aumentar la productividad en un 35 %, mejorando los procedimientos de manufactura y disminuyendo los lapsos y gastos de producción en cerca de un 25 % para los motores Brushless. Concluyeron que, la máquina bobinadora semiautomática creada y ensamblada desempeñó un papel crucial en aumentar considerablemente la eficiencia en el procedimiento de bobinado de motores Brushless.

En la ciudad de Cali, Colombia, Montoya y Payán (2019) llevaron a cabo una investigación titulada “Creación de un mecanismo para el resguardo y subdivisión de cables eléctricos, telefónicos o de fibra óptica”, con el fin de mejorar el proceso de almacenamiento de bobinas de cable para los clientes de la Compañía Medicables S.A.S. El propósito del estudio fue desarrollar un sistema automatizado para el resguardo de cables eléctricos, telefónicos o de fibra óptica, que integrara también una máquina fraccionadora de cables para la medición y fraccionamiento. Se obtuvieron resultados que destacaron la relevancia de disponer de maquinaria especializada en la gestión de cables, posibilitando la reducción de gastos laborales y la disminución del tiempo requerido en un 40 % para las operaciones de manipulación y almacenamiento, llegando a almacenar hasta tres veces más cable de lo habitual. Concluyeron que, la investigación de Montoya y Payán, representó una valiosa contribución al presentar una solución innovadora que mejora de manera significativa la eficiencia de los procesos en comparación con alternativas existentes, generando ahorros en costos de alquiler y mano de obra.

La investigación llevada a cabo por Vargas (2022) en Quito, Ecuador, titulada “Creación de una bobinadora semiautomática concéntrica destinada a la restauración de motores eléctricos de baja tensión en la empresa SIEM”, tuvo como propósito fundamental de este estudio, incrementar la eficiencia en la restauración de motores. Por lo tanto, el objetivo general consistió en diseñar una bobinadora semiautomática concéntrica destinada a la tarea de reparar motores eléctricos de baja tensión en la empresa SIEM. Los resultados resaltaron la relevancia de disponer de maquinaria especializada para mejorar los procedimientos de restauración, ya que el tiempo del proceso de rebobinado se incrementó en un 30 %, puede llevarse a cabo de manera concurrente en lugar de sucesiva, como se realizaba anteriormente. Además, se observó una reducción del costo de la reparación en aproximadamente un 20 %, debido a la reducción de la cantidad de trabajadores necesarios. Concluyó que, la solución se presentó como eficaz para agilizar los procesos productivos de reparación de motores eléctricos en SIEM, al tiempo que reduce los costos asociados.

A nivel nacional, en su estudio “Creación de una máquina devanadora automatizada con el objetivo de mejorar la calidad en la fabricación de bobinas de motores eléctricos en Seltromind, Cajamarca-2017”, Chávez (2017) realizó un estudio a nivel nacional. Su propósito principal fue desarrollar una máquina devanadora automática con el fin de incrementar la calidad en la producción de bobinas de motores eléctricos en Seltromind-Cajamarca. Los resultados resaltaron la necesidad de utilizar rodamientos de bolas 6810zz, una chumacera con un diámetro de eje de 50 mm y una longitud de 165 mm. La potencia requerida para el trabajo fue de 1568 vatios, equivalente a 2 HP. Concluyó que, para satisfacer este requisito, se eligió un motor de 2 HP del modelo WEG W21 IEC con una potencia de diseño de 2.3 HP o 1.7 kW. El arranque se ejecuta de manera directa mediante un variador de frecuencia de la marca SINAMICS G110, con un consumo de 6.8 A. Además, se determinó la necesidad de utilizar fusibles de 20 A, un guarda motor de 6 - 10 A, un contactor de 9 A y un relé térmico de 5.5 - 8 A.

En su investigación titulada “Creación y aplicación de un sistema automatizado de control para los 24 ejes de una máquina bobinadora con el fin de optimizar la fabricación de bobinas de fibras de polímero” realizada en Lima, Perú, Saldaña

(2022) propuso mejorar la eficiencia en la producción de bobinas de fibras de polímero a través del diseño e instalación de un sistema de control automático para los 24 ejes de una máquina bobinadora. El objetivo general fue conseguir la exitosa automatización del control de los 24 ejes de la máquina resultó en un incremento del 40 % en la productividad al sincronizar los ejes de manera simultánea. Los resultados obtenidos fueron que, este sistema mejoró la calidad al reducir irregularidades en el diámetro de las bobinas y redujo los costos de producción en un 30 %, ya que ya no se requerían operarios para cada eje. Concluyó, que la implementación del sistema de control automático a través de un PLC, demostró ser una solución eficiente para mejorar los procesos productivos de la empresa, superando las limitaciones de la máquina manual a través de la automatización digital.

A nivel local, Huallpayunca (2021) llevó a cabo un estudio en La Libertad, Perú, titulado “Diseñar una máquina bobinadora automática multifunción con el objetivo de disminuir el tiempo requerido para el proceso de bobinado en la Corporación Industrial Ronny S.A.C.”. El propósito principal fue afrontar el desafío asociado al proceso de despacho de cables en la Corporación Industrial Ronny, donde la carencia de herramientas apropiadas complicaba la toma de medidas, el proceso de bobinado y la división del material se veían obstaculizados. El objetivo general del estudio fue crear una máquina bobinadora multifunción con el objetivo de disminuir el tiempo empleado en el bobinado de motores eléctricos en la Corporación Industrial Ronny SAC. Los resultados obtenidos fueron que la productividad aumentó en 65 % por la simultaneidad de operaciones, reduciendo los costos operativos en 35 % al no requerir de varios operarios mejorando la calidad al hacer el bobinado de forma uniforme y precisa. Concluyó que, la bobinadora automática multifunción diseñada ha logrado una considerable reducción en el tiempo de bobinado de motores eléctricos en la Corporación Industrial Ronny SAC, cumpliendo de manera efectiva con el objetivo general del estudio al proporcionar una solución eficiente para el proceso de bobinado. Logrando automatizar el proceso de bobinado multifunción de manera exitosa, lo cual representa una contribución importante al representar una solución efectiva para agilizar el proceso de bobinado en la industria, manteniendo altos estándares de calidad.

A continuación, con el fin de respaldar el análisis de esta investigación, resulta fundamental considerar las teorías y enfoques conceptuales:

De acuerdo con Childs (2013), un eje se caracteriza como una estructura cilíndrica o barra que cumple la función de sostener cargas y transmitir potencia desde un mecanismo impulsor, como un motor. Esta tarea se realiza mediante la utilización de poleas y engranajes para transferir movimiento rotativo y energía a través de mecanismos como acoplamientos, correas y cadenas en distintas aplicaciones.

Los ejes desempeñan un papel crucial en una diversidad de sistemas y mecanismos, abarcando desde motores y vehículos hasta máquinas herramienta, así como diversas aplicaciones industriales. Estos elementos están concebidos para experimentar torsión o rotación a lo largo de su eje longitudinal. Comúnmente fabricados con materiales resistentes y duraderos, como el acero o aleaciones metálicas, los ejes están diseñados para soportar la presión y el desgaste. En este contexto, se aplicarán las siguientes fórmulas:

Para calcular el torque neto en el eje

El torque neto en el eje nos indica la magnitud del efecto de la fuerza rotacional aplicada sobre el objeto, es una manera de cuantificar cómo la masa y la aceleración angular influyen en la rotación de un objeto (Ver Ecuación 1)

$$T = I \times \alpha \quad (1)$$

Donde:

T : Torque neto (N)

I : Momento de inercia ($\text{Kg} \cdot \text{m}^2$)

α : *Aceleración angular (rad/seg.)*

Para calcular el momento de inercia

Representa la distribución de masa alrededor del eje de rotación. Se comporta de manera similar a la masa en el caso del movimiento lineal, pero tiene en cuenta la distribución de esta masa con respecto al eje de rotación. (Ver Ecuación 2)

$$I = \frac{1}{2}m (R_1^2 + R_2^2) \quad (2)$$

Donde:

I : Momento de inercia (Kg. m^2)

m : Masa (Kg)

$R1$: Radio menor

$R2$: Radio mayor

Para hallar la aceleración angular

Es la rapidez con la que cambia la velocidad angular de un objeto en rotación. Este cambio se origina por la aplicación de una fuerza externa (Ver Ecuación 3)

$$\alpha = \frac{dw}{dr} = \frac{wf - Wo}{\Delta t} \quad (3)$$

Donde:

α : Aceleración angular (rad/seg.)

dw : El cambio de velocidad angular

dr : Radio de la trayectoria (m)

wf : Velocidad angular final (RPM)

Wo : Velocidad angular inicial (RPM)

Δt : Tiempo de ciclos (seg.)

Potencia total para girar:

Se usa para calcular la energía total requerida para hacer girar un objeto, como una polea o un eje, considerando el número de revoluciones por minuto (N) y el par motor (T) necesario para llevar a cabo ese giro (Ver Ecuación 4)

$$Pt = \frac{N \times T}{995} \quad (4)$$

Donde

Pt : *Potencia al girar*

N : Velocidad RPM

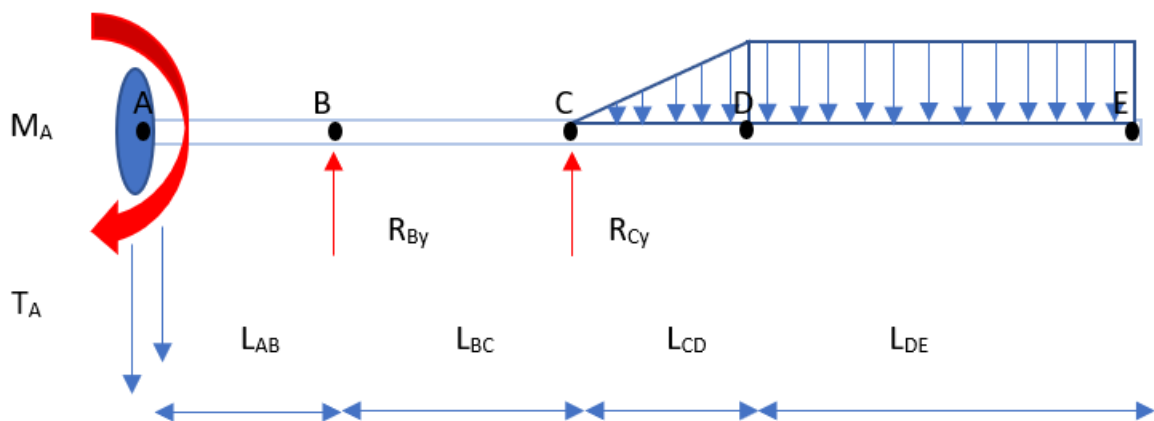
T : Torque

Cálculo del eje

Los cálculos en el eje serán evaluados teniendo en cuenta no solo sus dimensiones, sino también los esfuerzos presentes en la pieza. (Ver Figura 1).

Figura 1

Fuerzas presentes en un eje (DCL)



Nota: Diseño propio

Por la ley de equilibrio deducimos que se puede utilizar la ecuación: $+\uparrow \sum F = 0$ y $+\uparrow \sum M = 0$; en los puntos B y C donde se ubican las chumaceras que soportaran el peso del eje.

De acuerdo al punto A podemos hallar el momento, utilizando la ecuación 5:

$$M_A = FD_x (L_e + L_{BC} + L_{AC}) + FC_x (L_e + L_{BC} + L_{AC} + L_{CD}) \quad (5)$$

Esfuerzos de Von Mises

Respecto a las fuerzas de flexión, Mera (2014) refiere que fatiga o axiales que actúan sobre el eje, y los diversos tipos de fuerzas en el análisis utilizando ecuaciones y medios de ecuación que nos permitan determinar los esfuerzos de Von Mises alternantes. (Ver Ecuaciones 6 y 7)

$$\sigma_a = K_f \frac{M_a C}{I} \sigma_m = K_f \frac{M_m C}{I} \quad (6)$$

$$\tau_a = K_{fs} \frac{T_a C}{J} = \tau_m = K_{fs} \frac{T_m C}{J} \quad (7)$$

Donde:

σ_a : Esfuerzo flexión alternante (MPa)

I : Momento de inercia superficial (mm)

C : Radio del eje (mm)

σ_m : Esfuerzo flexión medio (MPa)

τ_a : Esfuerzo cortante alternante (MPa)

τ_m : Esfuerzo cortante medio (MPa)

J : Momento polar de inercia (mm)

M_a : Momento flexionante alternante (N. m)

M_m : Momento flexionante medio (N. m)

T_a : Par de torsión alternante (N. m)

T_m : Par de torsión medio (N. m)

K_f : Factor de concentración del esfuerzo por fatiga de la flexión (Mpa)

K_{fs} : Factor de concentración del esfuerzo a la torsión (Mpa)

Criterio de falla ASME elíptica

Cervera y Blanco (2015), señala que se utiliza en ingeniería mecánica con el fin de examinar la capacidad de carga y prever el fallo de componentes que están sujetos a esfuerzos combinados de tracción y corte. Este enfoque nos permite evaluar la seguridad y la resistencia de los componentes bajo diversas cargas. (Ver Ecuación 8).

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{K_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (8)$$

Dónde:

n : Factor de seguridad (adimensional)

K_f : Factor de concentración del esfuerzo por fatiga de la flexión (MPa)

M_a : Momento flexionante alternante ($N. m$)

S_e : Limite de resistencia a la fatiga (MPa)

K_{fs} : Factor de concentración del esfuerzo a la torsión

T_a : Par de torsión alternante ($N. m$)

M_m : Momento flexionante medio ($N. m$)

S_y : Resistencia a la fluencia (MPa)

T_m : Par de torsión medio ($N. m$)

d : Diámetro (m)

Chaveta

Salva (2015) refiere que la chaveta, también conocida como lengüeta, desempeña comúnmente un papel en la transferencia del momento torsor desde el eje hasta el cubo. Su propósito es actuar como un componente intermedio entre un árbol de transmisión y una pieza montada sobre él, previniendo el giro relativo entre ambos alrededores del eje de rotación. Estas chavetas comúnmente tienen una forma prismática o semicilíndrica, y algunas incorporan una cabeza en la parte externa para simplificar el proceso de montaje y desmontaje.

Figura 2

Montaje general de una chaveta

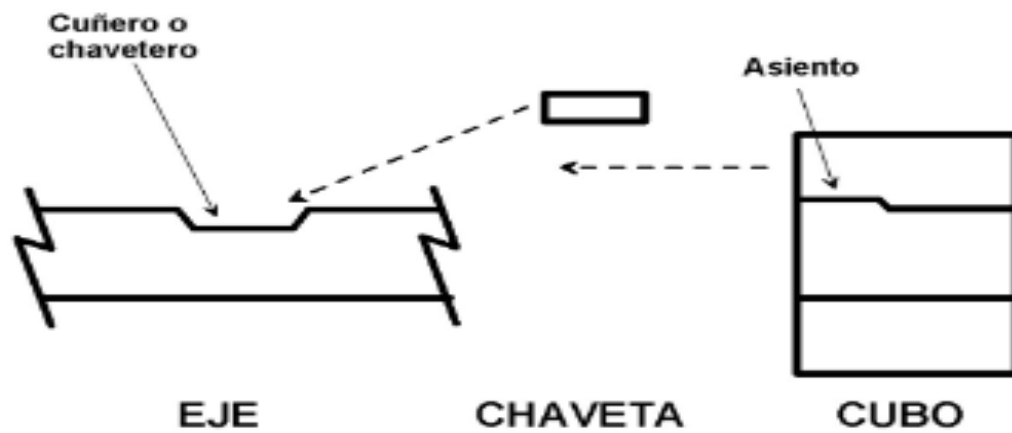
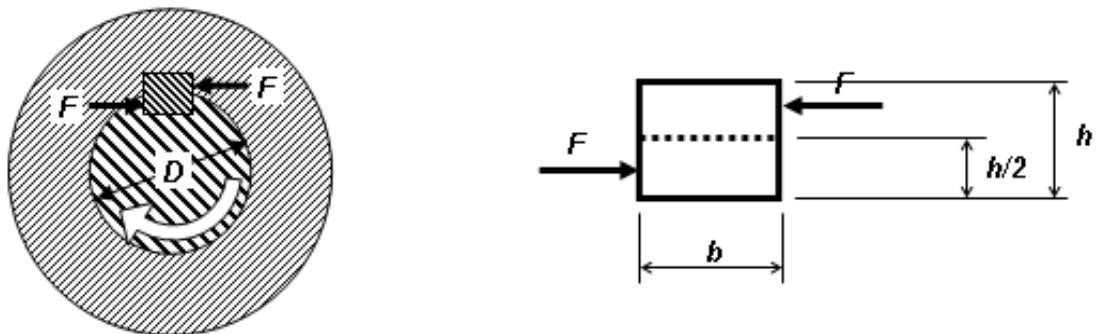


Figura 3

Fuerzas que actúan en la chaveta



Cojinete

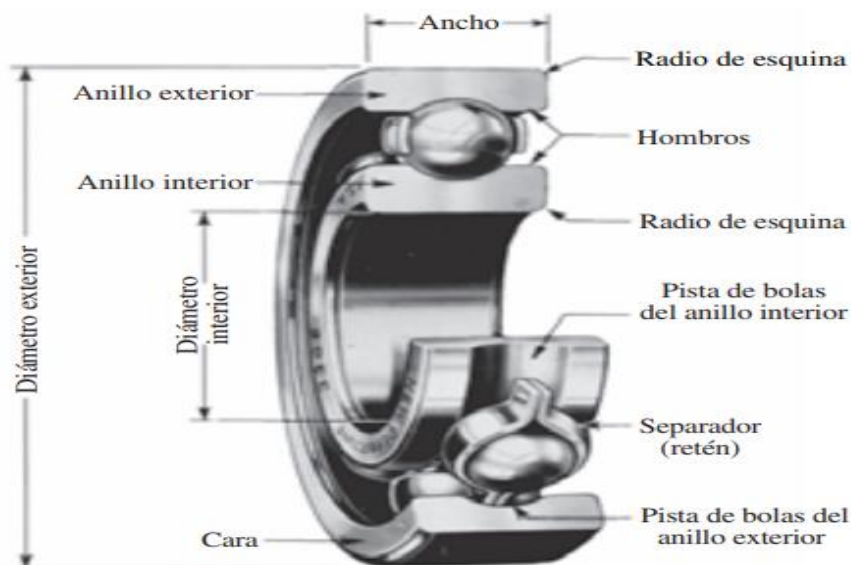
Estos rodamientos se emplean para respaldar y favorecer el movimiento del eje en rotación, siendo diseñados con el propósito de disminuir la fricción y asegurar un giro sin contratiempos del eje, con un desgaste mínimo. Se utiliza en una amplia variedad de sectores, incluyendo la industria, el automotriz y el ámbito doméstico (Aguilar, 2020).

Selección de un cojinete (chumacera)

Aguilar (2020) indica que, al elegir un rodamiento, resulta fundamental considerar su capacidad para resistir las cargas axiales y radiales necesarias, así como sus dimensiones y la esperanza de vida estimada. El rodamiento de bolas, al adaptarse a los requisitos particulares, se revela como una opción altamente idónea para esta aplicación debido a su diseño de punto de contacto, que reduce al mínimo la holgura, su tamaño compacto y la menor fricción interna que exhibe. La elección del rodamiento se determinará en función de las dimensiones necesarias. (Ver Figura 4)

Figura 4

Denominación de un rodamiento

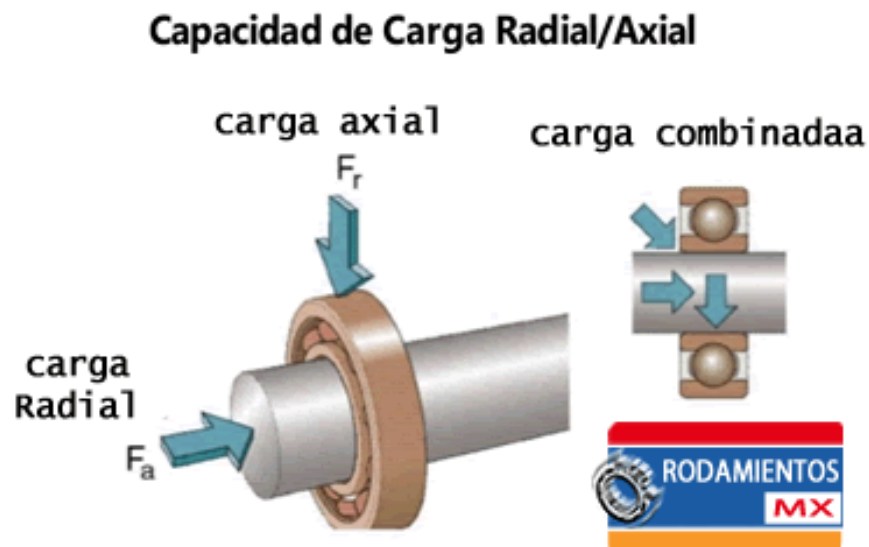


Fuente: Ingeniería Mecánica (Shigley, 2005)

Así, los rodamientos son concebidos para soportar tanto cargas exclusivamente radiales como cargas axiales, o una combinación de ambas (Ver Figura 5).

Figura 5

Fuerzas que inciden sobre un cojinete



Fuente: Rodamientos MX

Al elegir rodamientos, es esencial considerar la carga máxima que deben soportar. Asimismo, al seleccionar el soporte, es necesario tener en cuenta su función y cómo se anticipa que trabajará con la máquina, basándose en los datos técnicos proporcionados por el rodamiento.

Motorreductor

Navarro (2021) menciona que se trata de un sistema que combina un motor eléctrico con una caja de cambios (reductor) en una unidad única. Su propósito principal es transformar el bajo par y la baja velocidad de entrada del motor en un alto par y baja velocidad de salida. Para lograr este objetivo, se deben calcular varios parámetros para identificar el modelo particular del motorreductor, y algunos de estos parámetros abarcan: (Ver Figura 6)

Figura 6

Parámetros de selección del fabricante Lentax

Potencia entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	Modelo	Factor de seguridad	Momento útil	Velocidad entrada aprox.	Carga radial adm.	Carga axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuestos
kW	HP	(RPM)	(i)		(fz)	(Nm)	(RPM)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	Pagina	Pagina

Fuente Catalogo de motorreductores Lentax

Calculo para la velocidad en RPM

Primero, debemos calcular la velocidad lineal (Ver Ecuación 9):

$$V = D T \quad (9)$$

Donde:

V : Velocidad (m/s)

D : Distancia (m)

T : Tiempo (s)

Luego, relacionamos la velocidad lineal con la velocidad angular (ω) (Ver Ecuación 10)

$$\omega = \frac{V}{R} \quad (10)$$

Donde:

ω : Velocidad angular (rad/seg.)

V : Velocidad lineal (m/s)

R : Radio (m)

Por último, convertimos la velocidad angular a RPM (Ver Ecuación 11):

$$V_{RPM} = \omega * (60 s / 2\pi r) \quad (11)$$

Cálculo para el motorreductor

Esta relación es fundamental para determinar cómo se transmitirá el movimiento entre dos componentes en un sistema mecánico. (Ver Ecuación 12)

$$I = \frac{W_s}{W_e} = \frac{Z_e}{Z_s} \quad (12)$$

Donde:

I : Relación de transmisión

W_s : Velocidad de salida (RPM)

W_e : Velocidad de entrada (RPM)

Z_e : Cantidad de dientes de los conductores

Z_s : Cantidad de dientes de los conducidos

Potencia de cálculo (Na)

Esta fórmula proporciona una estimación de la potencia requerida del motor para impulsar el sistema de manera efectiva. (Ver Ecuaciones 13, 14 y 15)

$$P = \frac{W}{t} \quad (13)$$

$$P = \frac{F d}{t} \quad (14)$$

$$Na = \frac{P}{746 \frac{Watt}{HP}} \quad (15)$$

Donde:

Na : Potencia de cálculo (HP)

P : Potencia (W)

W : Trabajo (Nm)

F : Fuerza aplicada (N)

d : Distancia (m)

t : Tiempo (seg.)

Potencia de entrada (Ne)

Es fundamental para comprender y dimensionar correctamente dependiendo del rendimiento del motorreductor. (Ver Ecuación 16)

$$Ne = \frac{Na}{r} \quad (16)$$

Donde:

Ne: Potencia de entrada (HP)

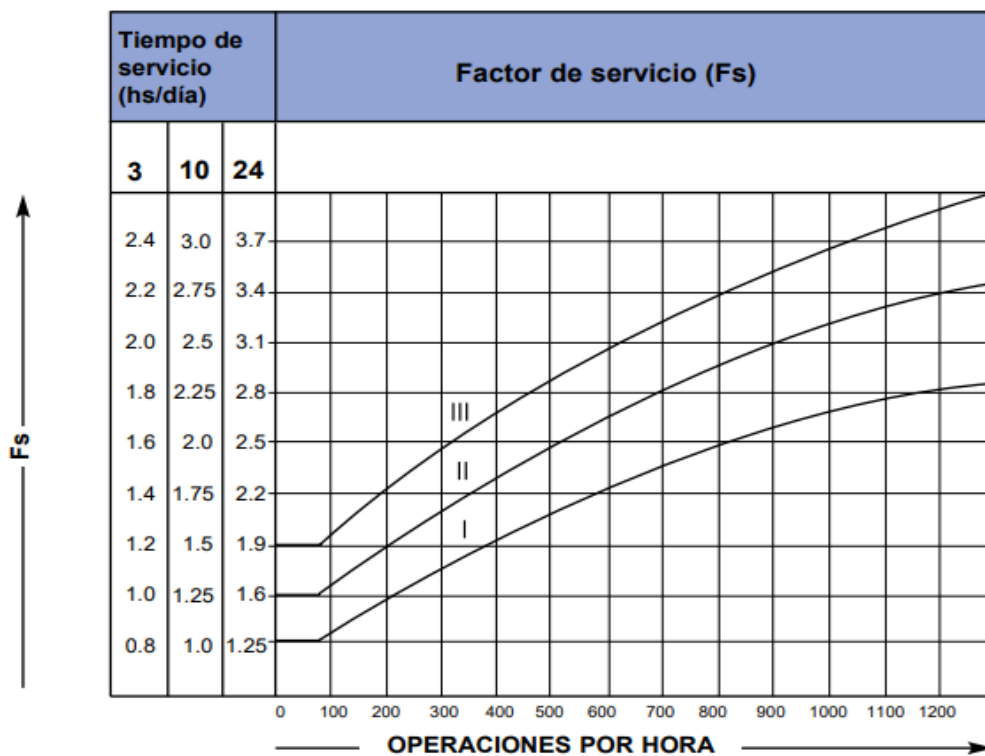
Na : Potencia teórica de entrada (HP)

r : Rendimiento (dato dado por el fabricante)

Factor de servicio

Figura 7

Tabla de Factor de Servicio



Fuente: Catálogo de motorreductores Lentax

Dependiendo del uso o la aplicación se puede utilizar un factor de servicio dependiendo del tiempo y del tipo de cargas:

I REGULAR: Pequeñas masas para acelerar sin sobrecargas

II IRREGULAR: Medianas masas para acelerar sobrecargas medianas

III IRREGULAR: Grandes masas para acelerar fuertes sobrecargas

Potencia del motor eléctrico de mando

Es una medida de la capacidad de trabajo del motor en función de las demandas específicas del sistema. (Ver Ecuación 17)

$$Nm = Ne Fs \quad (17)$$

Donde:

Ne = Potencia transmisible por el reductor (HP)

Nm = Potencia del motor eléctrico de mando (HP)

Fs. = Factor de servicio

Variador de frecuencia

Rankis, et al. (2019), consideran que el uso del variador de velocidad, también denominado variador de frecuencia, tienen una función esencial al posibilitar la regulación de la velocidad y la dirección de rotación en motores de corriente alterna (CA) y corriente continua (CC).

Figura 8

Variador de frecuencia



Tipe: V2-1R5G-S2	V2-1R5G-S2
Potencia	1.5kW / 2HP
Entrada	Monofásico 220-240V (+/-15%), 50-60Hz
Salida	Trifásico 220V, 1.5kW, 7A, 0-500Hz

Cálculo de la tensión de la faja

Abasolo, et al. (2016) señala que es necesario determinar la velocidad lineal de la faja, que es la velocidad a la que se desplaza a lo largo de la superficie de la polea. (Ver Ecuación 18)

$$Vl = \pi Dp \frac{\omega}{60} \quad (18)$$

Donde

Vl : Velocidad lineal (m/seg.)

D_p : Diámetro de la polea (m)

ω : Velocidad de rotación del motor (RPM)

Calcula la tensión en la faja (Ver Ecuación 19)

$$T = Ft + fr \quad (19)$$

Donde

T : Tensión de la faja (N)

Ft : Fuerza tangencial (N)

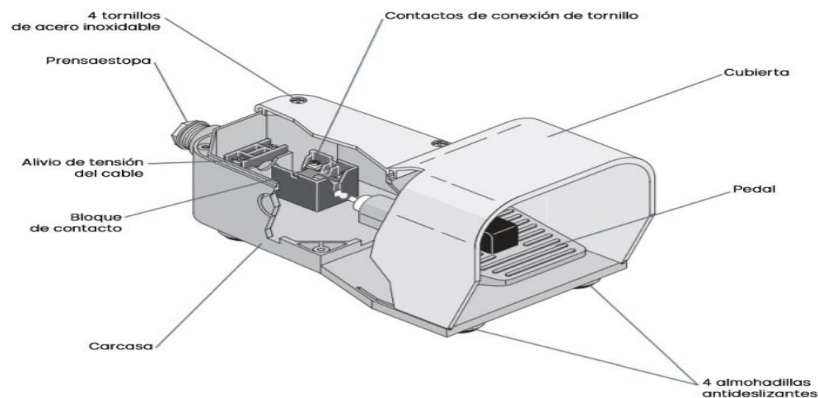
fr : Fuerza de fricción (N)

Interruptor de Pedal

Criado (2012) refiere que el interruptor se basa a través del accionamiento del pedal de freno o también conocido como embrague, el cual abre y cierra el circuito eléctrico en el que están instalados.

Figura 9

Interruptor de Pedal



Fuente: B-Command Premium Engineering

El grado de flexibilidad en un cable eléctrico

Hernández (2018) menciona que frecuentemente, se utiliza una métrica conocida como "radio de curvatura mínimo" o "radio de curvatura de flexión". Este indicador representa la curvatura más pequeña que el cable puede experimentar sin causar daño a su estructura o a los conductores internos.

Calculo para el grado de flexibilidad del cable

Frecuentemente, se utiliza una medida conocida como "radio de curvatura mínimo" o "radio de curvatura de flexión". Este parámetro indica la curvatura más pequeña que el cable puede soportar sin causar daños a su estructura o a los conductores internos. (Ver Ecuación 20)

$$R_c = \frac{4d_e}{G_f} \quad (20)$$

Donde:

R_c : Radio de Curvatura Mínimo

d_e : Diámetro Externo del Cable

G_f : Grado de Flexibilidad

Radio de curvatura después de la instalación en una línea de baja tensión. (Ver Ecuación 21)

$$R = D f \quad (21)$$

Donde:

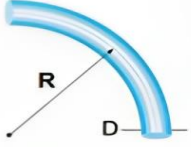
R : Radio de curvatura (mm)

D : Diámetro de la cubierta externa sobre aislamiento (mm)

f : Factor multiplicativo

Figura 10

Factor del radio de curvatura BT

Sin armadura	Espesor del aislamiento (mm)	Diámetro externo del cable			
		<25.4 mm	25.4 mm ≤ D ≤ 50.8 mm	> 50.8 mm	
	De 0 a 4.31	4	5	6	
	Mayor o igual a 4.32	5	6	7	
Cables con armadura de cintas lisas o alambres				12	

Fuente: Catálogo de INDECO

El índice de elongación en conductores eléctricos constituye una medida que evalúa la capacidad de un cable para resistir deformaciones o alargamientos cuando se somete a tensión. También conocido como coeficiente de elongación o elongación máxima, este índice se expresa en porcentaje y se obtiene mediante la división de la longitud final del cable después de aplicar tensión entre la longitud inicial del cable, multiplicando el resultado por 100. (Ver Ecuación 22)

$$I = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 \quad (22)$$

Donde:

I : Índice de estiramiento b

L_f : Longitud final (m)

L_0 : Longitud inicial(m)

El coeficiente de elongación máxima permitida

En cables de baja tensión, los límites del coeficiente de elongación máxima permitida pueden estar sujetos a regulaciones específicas de cada país o región. No obstante, de manera general, se establecen límites para garantizar tanto la seguridad como el adecuado funcionamiento de los cables eléctricos. En cables de baja tensión, es común establecer el coeficiente de elongación máxima permitida en un rango que va del 0,5 % al 2 %. Esto significa que el cable no debería experimentar una elongación superior a dicho porcentaje cuando se le aplica la tensión nominal para la cual está diseñado (Superintendencia Industria y Comercio, 2013). Es importante considerar que estos valores pueden cambiar según el tipo de cable y su aplicación particular. Por lo tanto, se aconseja consultar las normativas locales o internacionales, como las normas de la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) o las normas nacionales correspondientes, para obtener información precisa sobre el coeficiente de elongación máxima permitida en cables de baja tensión en una ubicación específica.

El circuito de control y potencia de la bobinadora.

Ya sea en un motor trifásico o monofásico, tanto el sistema de potencia como el sistema de control desempeñan un papel crucial en la protección del motor eléctrico contra posibles sobrecargas. Por lo tanto, la configuración del sistema de alimentación y control del motor se divide en dos secciones interconectadas: el sistema de alimentación o fuerza y el sistema de control o mando.

Diagrama de fuerza o fuente

Como indica su nombre, esta sección tiene la responsabilidad de administrar toda la carga de energía del dispositivo.

Diagrama de control o mando

Este elemento permite que el usuario controle o inicie el funcionamiento de una máquina a través de un interruptor automático o contactor. En otras palabras, activa las bobinas de los contactores, lo que posibilita abrir o cerrar los contactos de potencia.

Calculo para determinar la longitud de la banda o faja

Cuando se emplea una transmisión mediante una faja abierta, los ángulos de contacto son influenciados por las siguientes variables (Ver Ecuaciones 23 y 24):

$$\theta_d = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C} \quad (23)$$

$$\theta_D = \pi + 2\text{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C} \quad (24)$$

Donde:

D = Diámetro de la polea mayor

d = Diámetro de la polea menor

C = Distancia entre centros

θ = Ángulo de contacto

La determinación de la longitud de la faja implica la suma de dos longitudes de arco, teniendo en cuenta el doble de la distancia entre el punto inicial y final del contacto (Ver Ecuación 25)

$$L = [4C^2 - (D - d)^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d) \quad (25)$$

Donde:

D = Diámetro de la polea mayor

d = Diámetro de la polea menor

C = Distancia entre centros

θ = Ángulo de contacto

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación: La naturaleza de la investigación será aplicada, ya que tiene como objetivo abordar un problema concreto mediante la aplicación de conocimientos científicos, como el uso de metodologías, protocolos o tecnologías.

3.1.2 Diseño de investigación: La naturaleza de la investigación será no experimental y de tipo transversal descriptivo, ya que se centrará en la observación de la situación actual del proceso de despacho. Adicionalmente, se realizará una evaluación de los datos recabados y se presentarán opciones de solución con el objetivo de optimizar el procedimiento de despacho de conductores eléctricos.

3.2. Variables y operacionalización:

Variable dependiente: Tiempo de despacho

- **Definición conceptual:** De acuerdo con Ceballos (2004), el tiempo constituye una variable fundamental en la física y se relaciona con la medición de la secuencia ordenada de eventos y su duración relativa.
- **Definición operacional:** El tiempo que tomará en enrollar el conductor eléctrico en el carrete para su despacho al cliente.
- **Indicadores:**
 - Cantidad de cable (m)
 - Potencia del motor (HP)
 - Velocidad de bobinado (RPM)
- **Escala de medición:** Tanto la cantidad de cable y la potencia del motor serán de Razón, mientras que la velocidad de bobinado será regulada en intervalos.

Variable Independiente: Diseño de la máquina bobinadora eléctrica

- **Definición conceptual:** De acuerdo con Pérez (2021) la configuración en una máquina hace referencia a los parámetros, ajustes y condiciones

específicas que se aplican a una máquina para adaptarla a un propósito o función particular. Estos elementos abarcan la selección y disposición de componentes, ajustes de control, secuencia de operación y características operativas necesarios para alcanzar un rendimiento óptimo.

- **Definición operacional:** La máquina bobinadora eléctrica posibilitará organizar, agilizar y realizar el bobinado de cables de manera precisa.
- **Indicadores:**
 - Tipo de cable
 - Dimensiones del carrete (m)
 - Capacidad de carga (kg)
- **Escala de medición:** Tanto la capacidad de carga y las dimensiones del carrete serán de Razón, pero el tipo de cable será Nominal.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población:

Todos los conductores eléctricos producidos o manejados por la empresa Eléctricos del Norte S.A.C.

- **Cable NH-80**
(2.5mm²; 4mm²; 6mm²)

Tabla 1

Cable NH-80

CONDUCTOR ELECTRICO	CALIBRE (mm)	PRESENTACIÓN COMERCIAL	PESO (kg/km)	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR (mm)	PESO MÁXIMO A VENDER (kg), en 100 m
FREETOX NH-80	2.5	100	31	1,92	3.1
FREETOX NH-80	4	100	46	2,44	4.6
FREETOX NH-80	6	100	65	2,98	6.5

Fuente: Diseño propio

- **Cable Concéntrico de cobre**

(4 mm²; 6mm²)

Tabla 2

Cable Concéntrico de cobre

CONDUCTOR ELECTRICO	FASE	CALIBRE (mm)	PRESENTACIÓN COMENRCIAL (m)	PESO (kg/km)	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR (mm)	PESO MÁXIMO A VENDER (kg), en 100 m
CONCENTRICO	2	4	100	445	2.34	44.5
CONCENTRICO	2	6	100	645	2.7	64.5

Fuente: Diseño propio

- **Cable NMT-NLT(Vulcanizado)**

(2x10AWG, 2x12AWG, 2x14AWG, 2x16AWG, 3x10AWG, 3x12AWG, 3x14AWG, 3x16AWG, 4x10AWG, 4x12AWG, 4x14AWG, 4x16AWG)

Tabla 3

Cable NMT-NLT(Vulcanizado)

CONDUCTOR ELECTRICO	FASES	CALIBRE (AWG)	PRESENTACIÓN COMERCIAL (m)	PESO (kg/km)	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR (mm)	PESO MÁXIMO A VENDER (kg), en 100 m
(TTRF-70 (NMT))	2	10	100	243	2.9	24.3
(TTRF-70 (NMT))	2	12	100	179	2.29	17.9
(TTRF-70 (NLT))	2	14	100	125	1.83	12.5

(TTRF-70(NLT))	2	16	100	86	1,44	8.6
(TTRF-70 (NMT))	3	10	100	302	2.9	30.2
(TTRF-70 (NMT))	3	12	100	219	2,29	21.9
(TTRF-70 (NLT))	3	14	100	161	1,83	16.1
(TTRF-70 (NLT))	3	16	100	108	1,44	10.8
(NPT 0.6/1 kV)	4	10	100	409	2.9	40.9
(TTRF-70 (NMT))	4	12	100	267	2,29	26.7
(TTRF-70 (NLT))	4	14	100	191	1,83	19.1
(TTRF-70 (NLT))	4	16	100	132	1,44	13.2

Fuente: Diseño propio

- **Cable THW-90 (THW-90+PLUS)**
(# 7AWG, # 10AWG, #12AWG, #14AWG)

Tabla 4

Cable THW-90 (THW-90+PLUS)

CONDUCTOR ELECTRICO	CALIBRE (AWG)	PRESENTACIÓN COMERCIAL (m)	PESO (kg/km)	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR (mm)	PESO MÁXIMO A VENDER (kg), a 100 m
THW - 90	8	100	97	1.61	9.7
THW - 90	10	100	59	2.03	5.9
THW - 90	12	100	40	2.56	4
THW - 90	14	100	27	3.23	2.7

Fuente: Diseño propio

- **Criterios de inclusión:** Peso aceptable del cable, Número de líneas del cable, Calibre del cable dentro del rango aceptable, peso del cable aceptable y flexibilidad aceptable.

- **Criterios de exclusión:** Flexibilidad baja o mucha rigidez del cable, Cable que se despacha normalmente en grandes cantidades mayores a los 100 mts.

3.3.2 Muestra:

Conductor eléctrico THW-90 (THW-90+PLUS) de la marca INDECO.

3.3.3 Muestreo:

No probabilístico intencional, seleccionado deliberadamente por el investigador.

3.3.4 Unidad de análisis:

Bobinadora de conductores eléctricos a diseñar.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La recopilación y evaluación de datos se realizarán empleando la base de datos existente en la organización y se mostrarán en la tabla siguiente:

Tabla 5

Técnica e instrumento

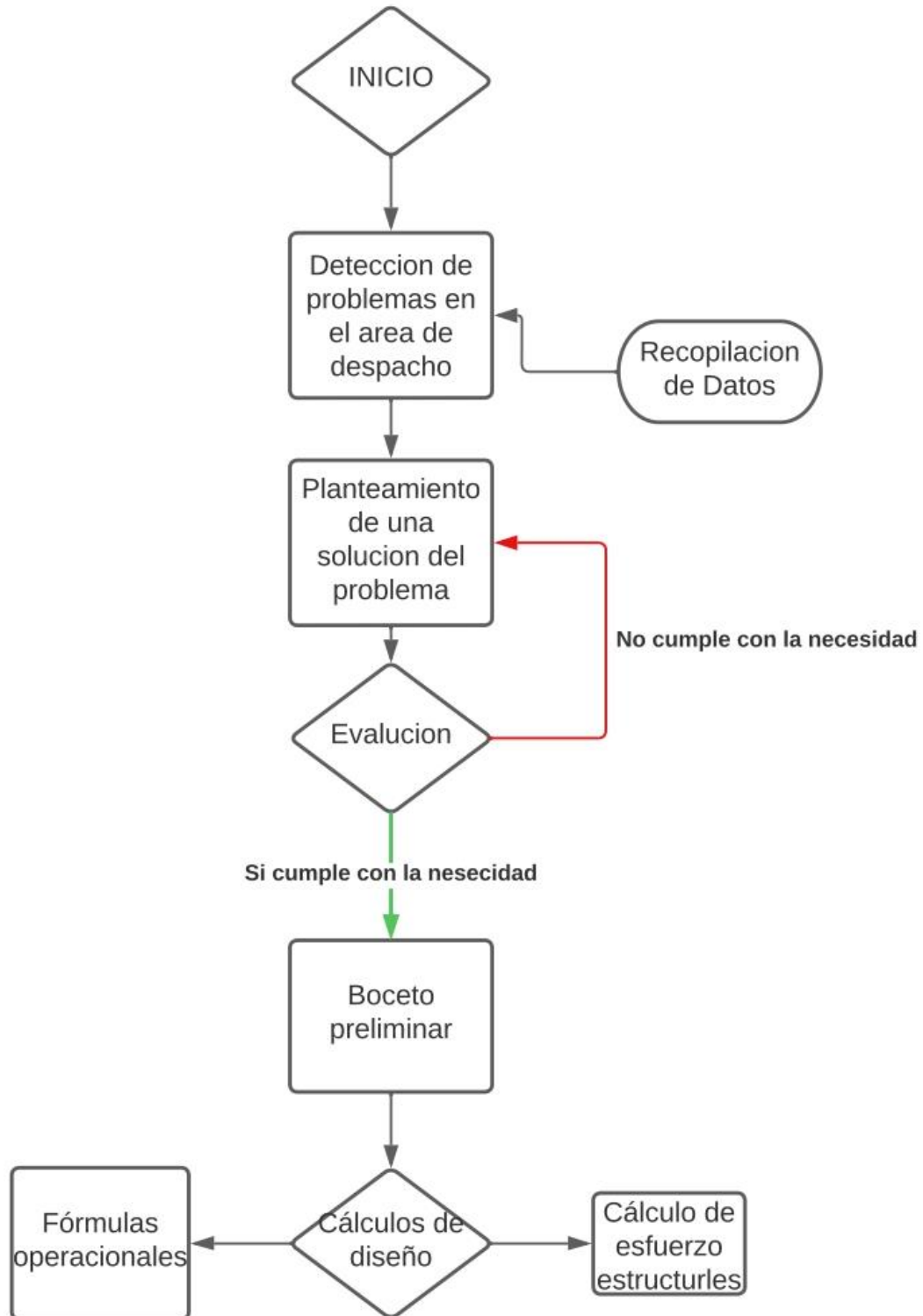
TÉCNICA	INSTRUMENTO
Entrevista	Encuesta (Empleados - interrogantes)
Supervisión	Observación (Área de la empresa)
Análisis de datos	Tabla de datos (tensión del cable, calibre, flexibilidad)

Fuente: Diseño propio

3.5 Procedimientos:

Figura 11

Diagrama de Procedimiento



Fuente: Diseño propio

3.6. Método de análisis de datos:

Se empleará el programa SolidWorks, para la creación de la estructura y las representaciones iniciales del diseño. Asimismo, se empleará el programa de simulación de ingeniería y diseño 3D, ANSYS 2023 R2 y Autodesk inventor, para analizar las cargas en diversos elementos de la máquina a desarrollar. De la misma manera, se utilizará, el programa CadeSimu para el diagrama eléctrico de sistema de control y sistema de mando; Para la simulación de las variables aplicadas al eje, bajo condiciones de fatiga, se empleará el programa MATLAB y la para la evaluación económica se empleará el programa Microsoft Excel. Finalmente, la encuesta, se empleará los formularios virtuales en Google Drive.

3.7. Aspectos éticos:

La investigación se adhiere a los principios éticos delineados en el código de ética de la institución universitaria, la finalidad es garantizar la protección de los derechos de los investigadores, conservar la integridad de los participantes y mostrar respeto hacia la propiedad intelectual de investigaciones anteriores. Se busca llevar a cabo una investigación responsable, íntegra y transparente con el fin de fomentar y fortalecer la competencia científica.

IV. RESULTADOS

4.1. Requerimientos y demandas del proceso de bobinado

Con el objetivo de reconocer los requerimientos y demandas del proceso de enrollado, se llevó a cabo una encuesta efectuada a 7 empleados, directa e indirectamente vinculados a este proceso. Esta encuesta fue estructurada para el diseño de la maquina bobinadora eléctrica.

Asimismo, la encuesta en blanco se encuentra en el Anexo 05, mientras que las encuestas realizadas están recopiladas en el Anexo 06.

En la Tabla 7 se condensan las encuestas llevadas a cabo, incluyendo interrogantes y respuestas resumidas, con el propósito de obtener una visión general de los requerimientos y demandas del proceso de enrollado. Después de examinar las encuestas, se obtuvieron los resultados siguientes:

De la interrogante 1, se afirma que INDECO es la marca de conductor eléctrico, que se utiliza mayormente. De la interrogante 2, se puede concluir que el tipo de conductor eléctrico que se enrolla mayormente es el THW-90 (THW-90+PLUS). De la interrogante 3, se afirma que se necesitan 3 individuos para el enrollado y despacho de conductor eléctrico. De la interrogante 4, se afirma que el tiempo aproximado que se demora en enrollar y despachar 100 metros de conductor eléctrico al cliente es 25 minutos. De la interrogante 5, se afirma que el tiempo ideal para el enrollado y despacho de 100 metros de conductor eléctrico al cliente es de 15 minutos aproximadamente. De la interrogante 6, se afirma que el 57.1% de encuestados han sufrido alguna lesión, en el proceso de enrollado del conductor eléctrico. De la interrogante 7, el 100% de encuestados afirman que es una buena opción implementar una máquina bobinadora para conductores eléctricos. De la interrogante 8, se afirma que el costo de una máquina bobinadora de conductores eléctricos está entre los S/ 8,000.00 – S/ 10,000.00 nuevos soles.

Tabla 6*Síntesis de las encuestas realizadas.*

Interrogantes	Julio Quiroz Gálvez (Ejecutivo de Ventas)	Brain Eduardo Altamirano Villanueva (Diseño y Ventas)	Jefferson Vargas Cueva (Ejecutivo Administrativo)	Junior Sumarán Pardo (Almacén)	Ricky Morales Machado (Jefe de Almacén)	Silvia López Pardo (Gerente General)	Luis Francisco Asmat Riojas (Ejecutivo de Ventas)
1. ¿Cuál es la marca de conductor eléctrico, que se utiliza mayormente?	INDECO	INDECO	INDECO	INDECO	INDECO	INDECO	INDECO
2. ¿Cuál es el tipo de conductor eléctrico, que se enrolla mayormente?	Cable NH-80	Cable THW-90 (THW-90+PLUS)	Cable NH-80	Cable NMT-NLT (Vulcanizado)	Cable THW-90 (THW-90+PLUS)	Cable THW-90 (THW-90+PLUS)	Cable THW-90 (THW-90+PLUS)
3. ¿Cuántas personas realizan el enrollado del conductor eléctrico, para el despacho al cliente?	2	2	3	3	3	3	2
4. ¿Cuánto tiempo aproximadamente, se demora en enrollar y despachar, 100 metros de conductor eléctrico al cliente?	35'	25'	35'	25'	25'	25'	25'
5. Para usted ¿Cuál es el tiempo ideal, para el enrollado y despacho de 100 metros de conductor eléctrico al cliente?	15'	15'	15'	15'	15'	15'	15'
6. ¿Ha sufrido alguna lesión, en el proceso de enrollado del conductor eléctrico?	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No
7. ¿Será buena opción, implementar una máquina bobinadora, para estos conductores eléctricos?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
8. ¿Cuánto cree usted, que debería costar una maquina bobinadora de conductores eléctricos?	S/10,000.00	S/8,000.00	S/10,000.00	S/ 8,000.00	S/10,000.00	S/10,000.00	S/8,000.00

Nota: Diseño propio.

4.2. Normas de diseño

ASTM International Standards Worldwide se encarga de establecer y supervisar las especificaciones de calidad para los aceros empleados en construcción y estructuras.

Un caso ilustrativo de estas normativas, son los tubos que se ajustan a la especificación ASTM A500, ya que son adecuados para una variedad de usos en la edificación, la construcción de puentes y otras estructuras. Estos tubos son destacados por su solidez y durabilidad, siendo la elección prioritaria en proyectos que requieren materiales fuertes y de confianza. Esta norma establece los estándares para las dimensiones, características mecánicas y composición química de los tubos de acero utilizados en estructuras.

Por su parte, se valora al acero SAE 1045 por su capacidad de aumentar su resistencia y dureza a través de procesos de tratamiento térmico. Este tipo de material encuentra aplicaciones frecuentes en la producción de elementos mecánicos como ejes, bielas, engranajes y otras piezas, especialmente cuando se busca una combinación de tenacidad y resistencia. La preferencia por este acero radica en su capacidad para lograr un equilibrio entre la facilidad de ser maquinado y su aptitud para resistir cargas significativas en contextos tanto industriales como automotrices.

Asimismo, las láminas A709 LAC cumplen con los requisitos de la norma ASTM A709 y son apropiadas para la producción de componentes estructurales, especialmente diseñados para su aplicación principal en puentes y otras estructuras. Estas láminas son reconocidas por su composición de acero al carbono de baja aleación con notables propiedades de resistencia, además de exhibir una buena resistencia a la corrosión atmosférica.

La normativa UNE EN 12100-1, que se enfoca en la seguridad de las máquinas, aborda conceptos fundamentales y principios generales de diseño, ofrecer guía a los diseñadores para la creación de máquinas seguras.

La norma UNE EN 60204-1, se centra en los elementos eléctricos de las máquinas industriales, tiene como objetivo asegurar la integridad de las personas, el correcto rendimiento de la máquina y la facilidad en su mantenimiento.

Las normativas ISO 7000 e IEC 60417 se enfocan en los símbolos gráficos utilizados en equipos, ofreciendo aquellos símbolos que se aplican en las máquinas para señalar la forma correcta y segura de manejar u operar dicho equipo.

4.3. Sugerencias de diseño

Considerando las necesidades y demandas del proceso de bobinado, resultado del análisis de la encuesta efectuada, se registran en la siguiente tabla, las sugerencias de diseño propuestas en investigaciones previas relacionadas con el tema de diseño.

Tabla 7

Sugerencias de diseño

	SUGERENCIAS	AUTOR(ES)
MATERIAL	Se sugiere utilizar un acero 1018 estirado en frío, que es de bajo a medio contenido de carbono y presenta buenas propiedades de soldabilidad. Además, su maquinabilidad es ligeramente superior en comparación con los aceros de menor contenido de carbono.	(Valencia, 2015)
	Se recomienda emplear acero ASTM A500 y ASTM 709 en la estructura de la máquina. Además, se propone utilizar acero SAE 1045 para el eje de transmisión, tomando como referencia los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas en el proyecto.	(Riquelme, 2018)
	En cuanto al rendimiento, la máquina debe operar dentro de un rango de velocidad que va desde un mínimo de 5 RPM hasta un máximo de 80 RPM, según los hallazgos del proyecto.	(Ávila, 2015)
OPERACIÓN	Se especifica que la máquina debe estar equipada con mecanismos que permitan	

	controlar la velocidad de enrollado, manteniéndola constante a lo largo de todo el proceso.	(Bruguera, 2009)
ERGONOMÍA	Además, se recomienda colocar el tablero de control a una altura de 1.2 metros para asegurar la comodidad del operario.	(Valencia, 2015)

Nota: Diseño propio.

4.4. Requisitos ingenieriles:

Luego de reconocer los requisitos y requerimientos del proceso de enrollado, se avanzó en la creación de la tabla de requisitos ingenieriles. Cada elemento de la siguiente tabla fue elegido en base a los datos derivados de la encuesta previamente efectuada.

Tabla 8

Tabla de requisitos

ELEMENTOS	CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	LÍMITES
Operación	Velocidad	RPM	$60 \leq x \leq 80$
Capacidad	Equipo	kg.	$x \leq 75$
Económico	Costo	S/	$x \geq 10000$
Dimensiones	Tamaño	m	$Largo = \leq 1$ $Ancho = \leq 1$ $Alto = 0.53$

Nota: Diseño propio.

4.5. Elección de diseño conceptual

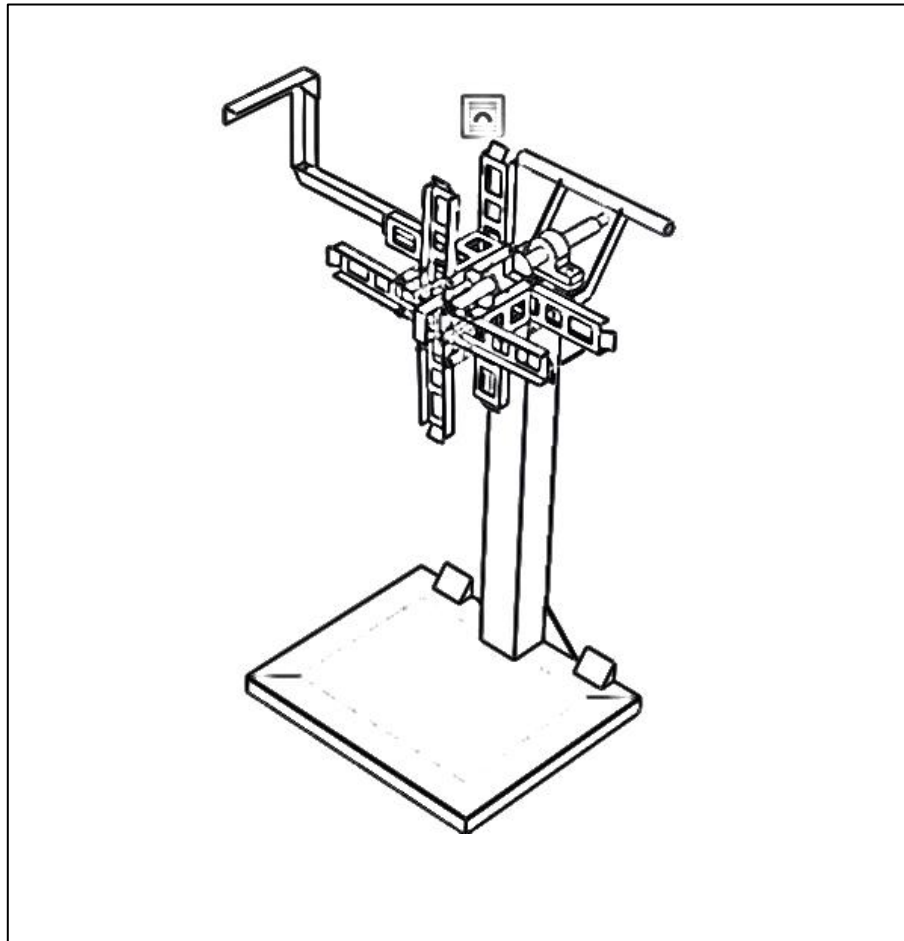
Considerando los hallazgos en las encuestas y los requisitos de ingenieriles, se propuso una alternativa conceptual para diseñar la máquina enrolladora de conductores eléctricos.

En la figura 12 se presenta propuesta de diseño de la máquina bobinadora de conectores eléctricos para la empresa Eléctricos del Norte S.A.C. Caracterizándose por su tamaño compacto y estable, proporcionando beneficios como el de realizar el bobinado más rápido, con dimensiones reducidas y un sistema sencillo de carga

y descarga. Además, resulta más económica en relación con otras máquinas bobinadoras eléctricas disponibles en el mercado, las cuales suelen ser tanto costosas como voluminosas.

Figura 12

Diseño de maquina (Boceto mejorado)



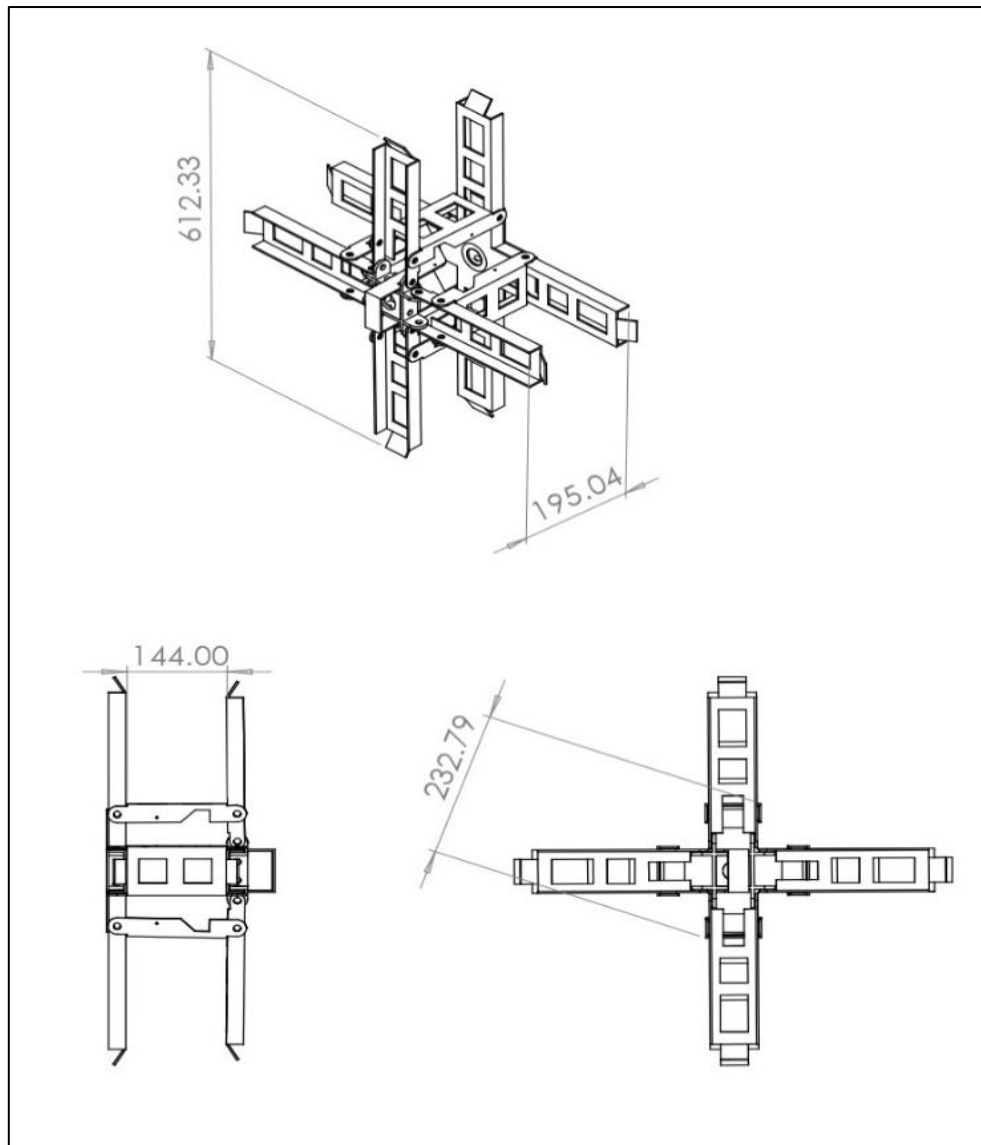
Nota: Diseño propio

4.6. Dimensiones generales

El diseño global de la máquina bobinadora fue realizado considerando las dimensiones estándares de los carretes utilizados por la empresa, como se ilustra en la figura 13. Además, se tuvieron en cuenta las sugerencias de diseño y criterios ingenieriles presentes en la tabla 7.

Figura 13

Dimensiones de Carrete



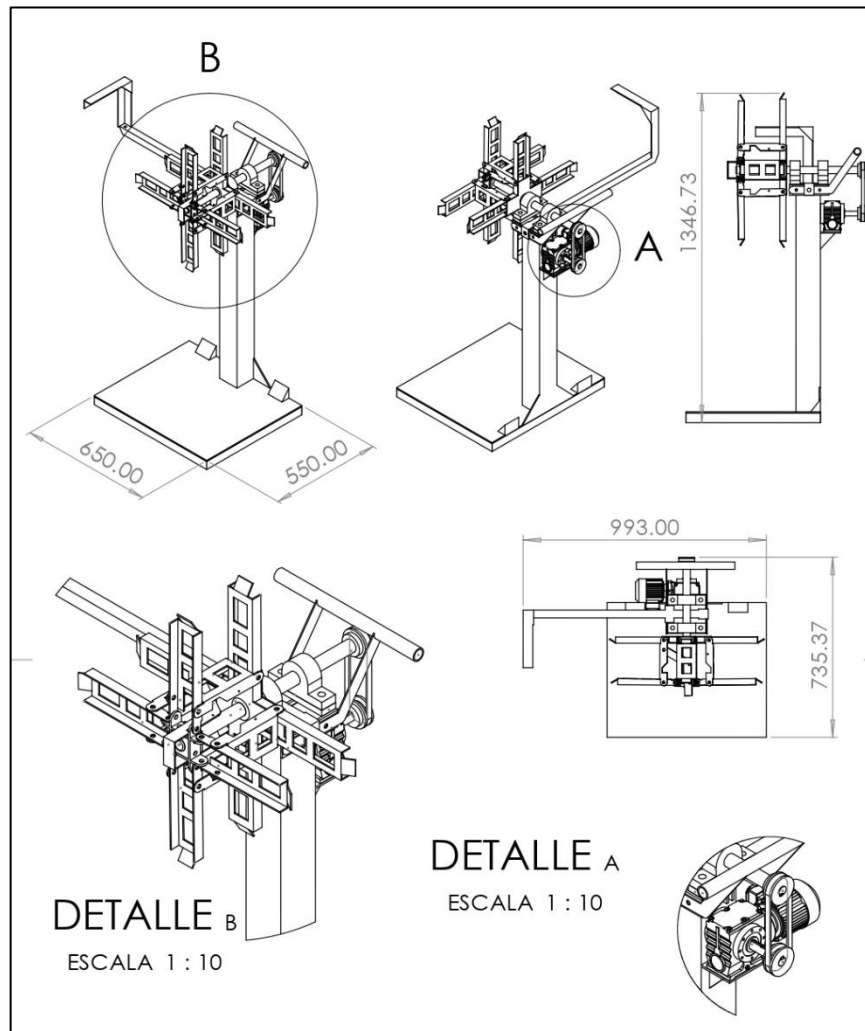
Nota: Diseño propio

Las medidas totales de la máquina, según se ilustra en la figura 14, fueron determinadas al seleccionar sus dimensiones de la máquina de 650 x 550 mm y una altura de 1346.73 mm. Esta decisión se basó en las dimensiones del carrete estándar utilizado por la empresa. Respecto a la longitud del eje, se estableció en 530 mm, de acuerdo con las pautas de diseño establecidas por Riquelme (2018) como se indica en la tabla 7. Esta sugerencia tiene como propósito garantizar que

la máquina sea diseñada de manera ergonómica para el operador, evitando riesgos para su seguridad física.

Figura 14

Máquina bobinadora (Medidas totales)



Nota: Diseño propio

4.7. Elección de material

Se optó por elegir los materiales para los elementos de la máquina bobinadora, siguiendo las sugerencias de diseño presentadas en la tabla 7 y considerando también el criterio ingenieril.

4.7.1. Material para eje principal

Valencia (2015) empleó un acero 1018 que fue sometido a estiramiento en frío como elección para el eje principal de la máquina. Este tipo de acero, caracterizado por su bajo a medio contenido de carbono, exhibe una

soldabilidad destacada y una maquinabilidad ligeramente mejor que la observada en aceros con niveles más bajos de carbono.

En contraste, Riquelme (2018) eligió emplear un SAE 1045 como componente para el eje principal de su máquina, tomando en cuenta su resistencia considerable.

Ambos materiales han sido considerados, y la elección se determinará a través de la parametrización específica del eje.

4.7.2. Material para estructura

Riquelme (2018) recomienda la elección del acero para la estructura de la máquina, quien sugirió el uso de un acero ASTM 500 en el caso de tuberías cuadradas o rectangulares y en el caso de láminas o soportes planos, el acero ASTM A709. Este tipo específico de estructuras ha sido evaluado, concluyendo que los aceros mencionados son los más adecuados.

4.8. Cálculos mecánicos

4.8.1. Torque para el bobinado

Para determinar la carga máxima que debe ser soportada por el eje principal, se lleva a cabo la evaluación del peso máximo que puede estar presente en las bobinas de este tipo.

La información proporcionada en la tabla 10 expone la obtención de la fuerza y el torque requeridos para iniciar el giro de la bobina más pesada desde una posición de reposo.

Tabla 9

Datos para el cálculo del torque

Información	Unidad de medida	Magnitud
Peso Bruto	kg	90
Velocidad Angular	rad/seg	55.08
Variación de tiempo	s	6.5031
Tapa de carrete (radio)	m	0.5896
Núcleo (radio)	m	0.03

Nota: Diseño propio

Siguiendo los procedimientos de cálculo detallados en el Anexo 03 y empleando la información de la Tabla 10, se realizaron los cálculos necesarios, se determinó que el torque requerido para iniciar la rotación de la bobina es de 132.8N.m. Asimismo, se calculó que la potencia necesaria es de 1.027HP.

4.8.2. Reacciones en el eje de soporte:

Para calcular las fuerzas en los soportes del motor y los rodamientos, se comenzó con una representación gráfica, como se expone en la Figura 40. A continuación, se recopilaron los datos esenciales requeridos para los cálculos, los cuales están detallados exhaustivamente en la Tabla 10.

Tabla 10

Variables de entrada

Información	Unidad de medida	Magnitud
Fuerza puntual	N	882.9
Longitud total del eje	mm	530
Longitud AB	mm	174.69
Longitud BC	mm	114
Longitud CD	mm	46.92
Longitud DE	mm	189.67

Nota: Diseño propio

Con base en los datos presentados en la Tabla 10 y siguiendo el procedimiento de cálculo detallado en el Anexo 03, se calcularon las reacciones en los puntos B y C. Los resultados de estos cálculos se encuentran resumidos en la Tabla 11 y detallados en el anexo mencionado anteriormente.

Tabla 11

Resultados de la determinación de las reacciones

Información	Unidad de medida	Magnitud
Reacción en el punto B	N	-1097.85
Reacción en el punto C	N	1980.75
Cortante AB	N	-1097.85
Cortante CD	N	-441.45

Momento A	N.m.	-125.15
Momento B	N.m.	-83.729

Nota: Diseño propio

4.8.3. Paramétrico del eje soporte

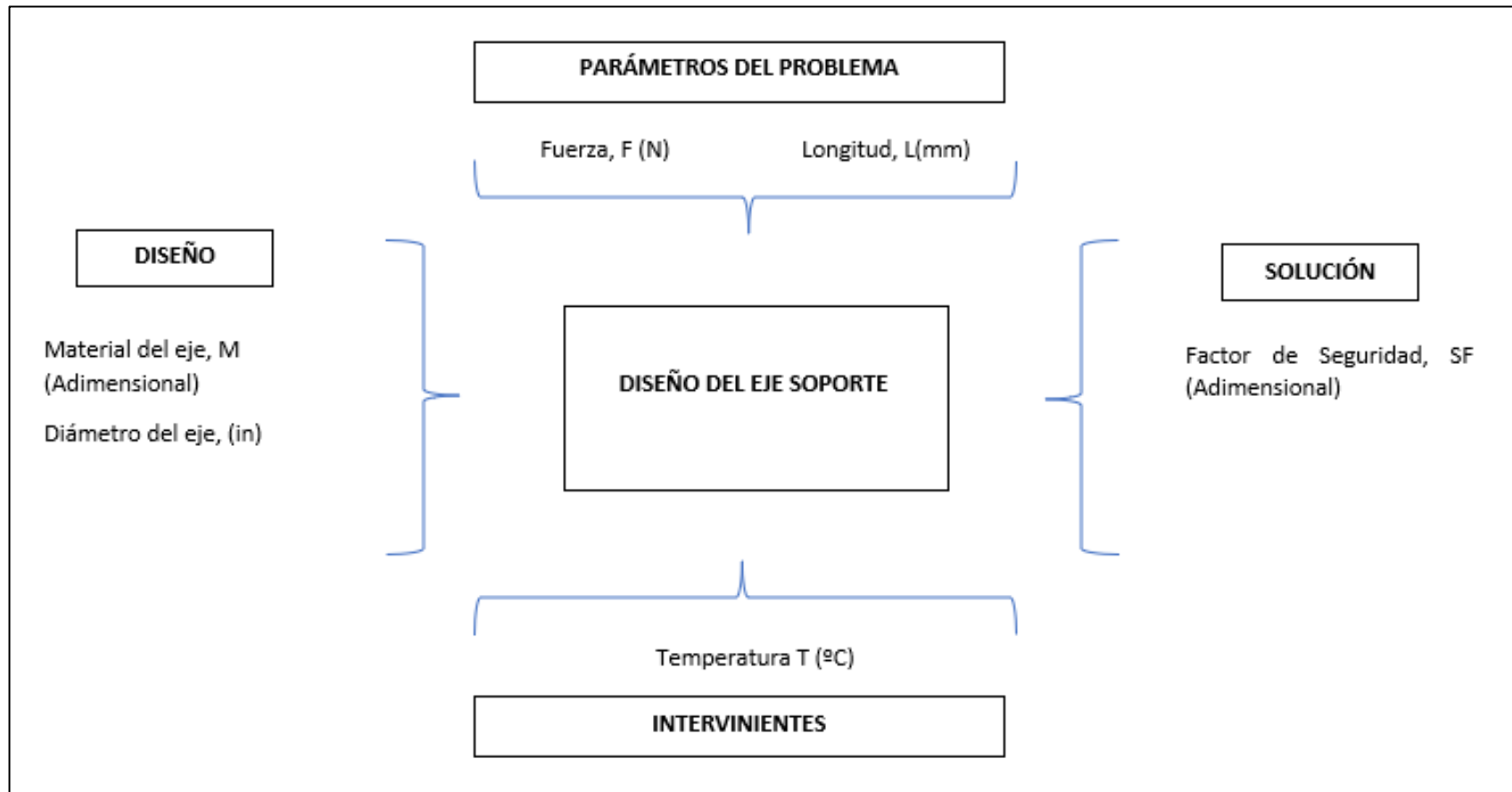
En el análisis del diseño paramétrico, se focaliza en el eje de soporte, encargado de sostener todo el peso de la bobina. Se inicia determinando el diámetro del eje en condiciones de carga estática. Se eligió el acero SAE 1045 como material y se utilizó un factor de seguridad inicial de 2.5. En el Anexo 03, se detallan los cálculos exhaustivos del eje utilizando acero SAE 1045, lo que conduce a un diámetro de 22.30 mm y un factor de seguridad de 2.49 en carga estática.

4.8.4. Caja negra

La Figura 15 exhibe las variables que se deben tener en cuenta en la simulación con MATLAB para evaluar los aceros cómo cambia el factor de seguridad (SAE 1045, ASTM A36 y AISI 1060) al ajustar sus diámetros respectivos.

Figura 15

Eje de soporte (Sección de la caja negra)



Nota: Diseño propio

4.8.5. Tabla de parámetros

Los datos necesarios para los parámetros mencionados en la caja negra se encuentran especificados en la Tabla 12.

Tabla 12

Parámetros y sus respectivos valores para la simulación

	Información	Unidad de medida	Magnitud
Parámetros del problema	Fuerza	N	882.9
	Longitud	mm	0.53
Parámetros de diseño	Material	adimensional	ASTM A36 SAE 1045 AISI 1060
	Diámetro	In	1 – 3
Parámetro de solución	Factor de seguridad	SF	A determinar

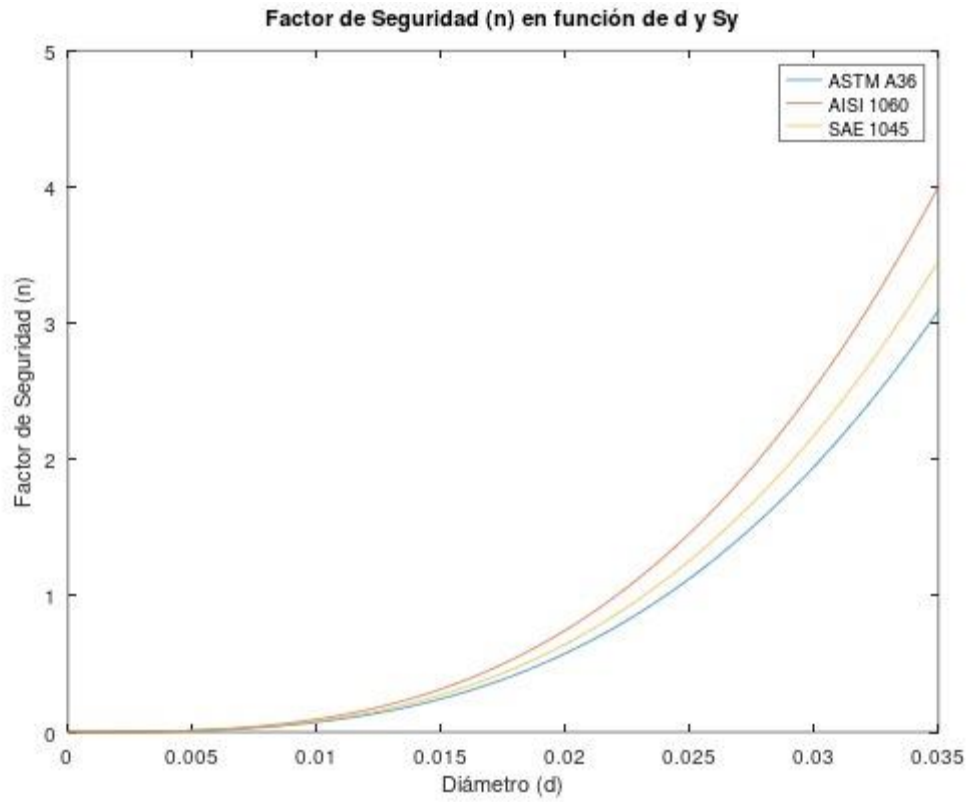
Nota: Diseño propio.

4.8.6. Resultado obtenido de la simulación

Al aplicar las fórmulas en Matlab, un software especializado en cálculos gráficos, se tiene la capacidad de generar gráficas paramétricas que representan el comportamiento del eje de soporte, basándose en los cálculos previos realizados. Las representaciones gráficas del diseño paramétrico, los aceros que incorporan los niveles de resistencia (ASTM A36, SAE 1045 y AISI 1060), se presentan en la Figura 16. La representación gráfica indica que el SAE 1045 ofrece un nivel de seguridad apropiado dentro del rango asociado al diámetro.

Figura 16

Ilustración visual de las variables aplicadas al eje bajo condiciones de fatiga.



4.9. Simulación por el método de elementos finitos

4.9.1. Simulación del eje

Con el propósito de confirmar los resultados obtenidos a través de los cálculos analíticos del eje, se llevó a cabo un análisis mediante el método de elementos finitos a través del software ANSYS 2023 R2. Basándose en los parámetros detallados en la tabla 13 y el modelo tridimensional mostrado en la figura 17.

Figura 17

Eje de soporte 3D

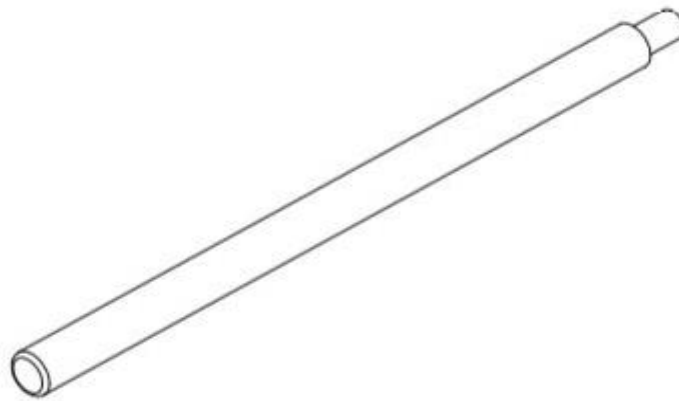


Tabla 13

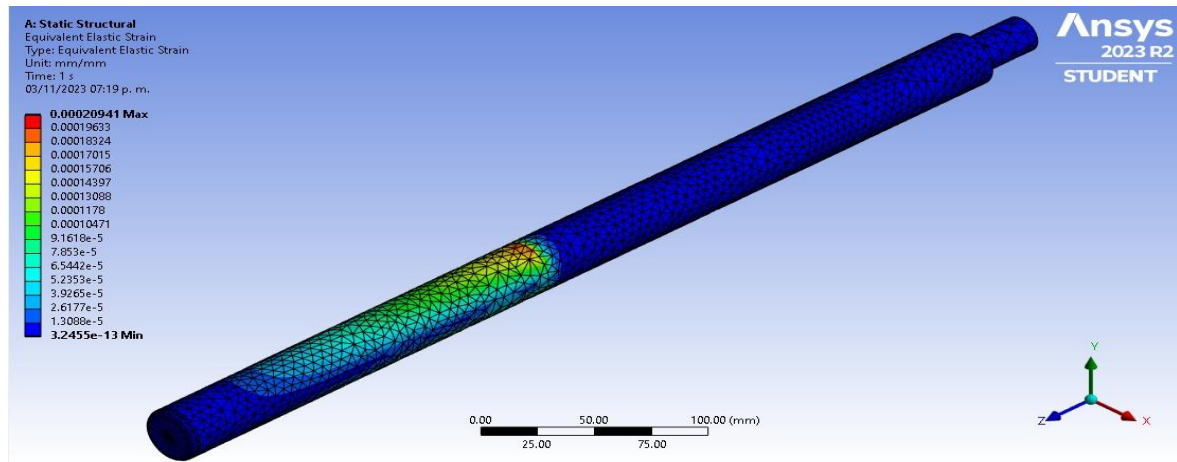
Parámetros del eje para la simulación

INFORMACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MAGNITUD
Pulgadas	in	1 ¼"
SAE 1045	MPA	$S_Y = 390$ $S_{ut} = 650$
Carga de diseño	N	882.9
Longitud	m	0.53

Nota: Diseño propio

Figura 18

Resultado - Equivalente de Von Mises

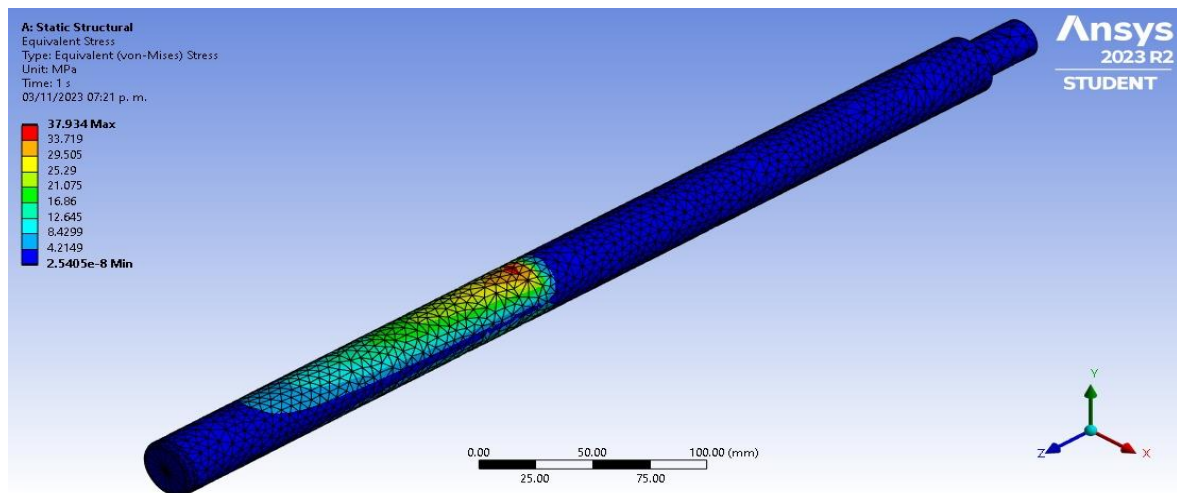


Nota: Diseño propio

Se presentan los resultados de la tensión equivalente de Von Mises en la figura 18, que experimenta una tensión máxima de 0.00020941 mm. Esto confirma que el eje tiene la capacidad de resistir las complejas cargas de trabajo.

Figura 19

Resultado - Equivalente al estrés

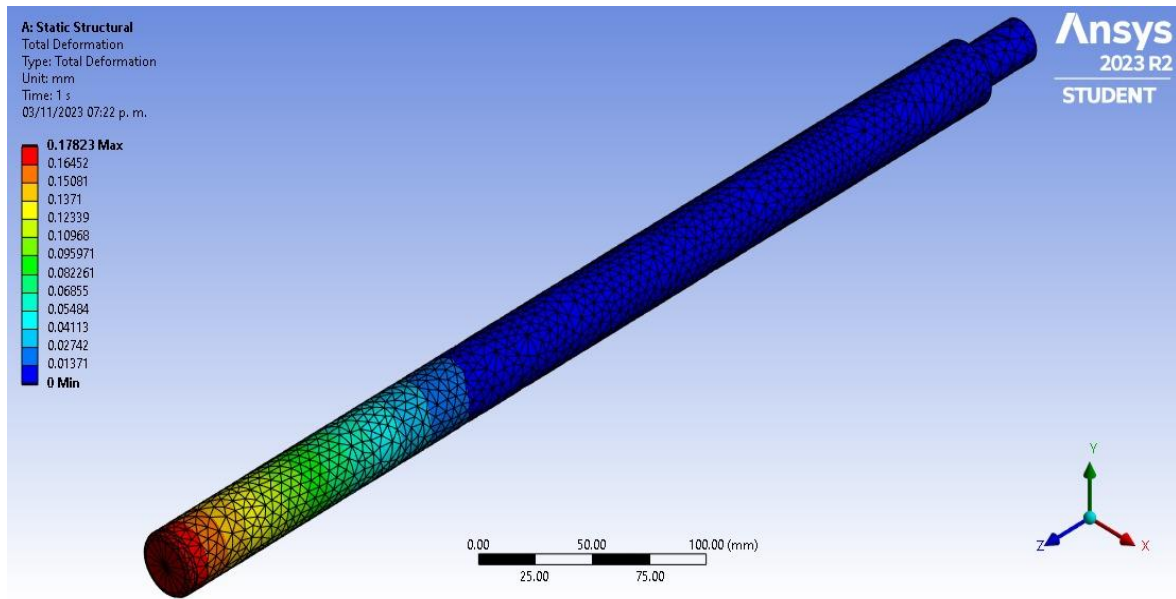


Nota: Diseño propio

Se presentan los resultados del equivalente al esfuerzo en la figura 19, con un valor máximo de trabajo de 37.934 MPa.

Figura 20

Resultado – Deformación total

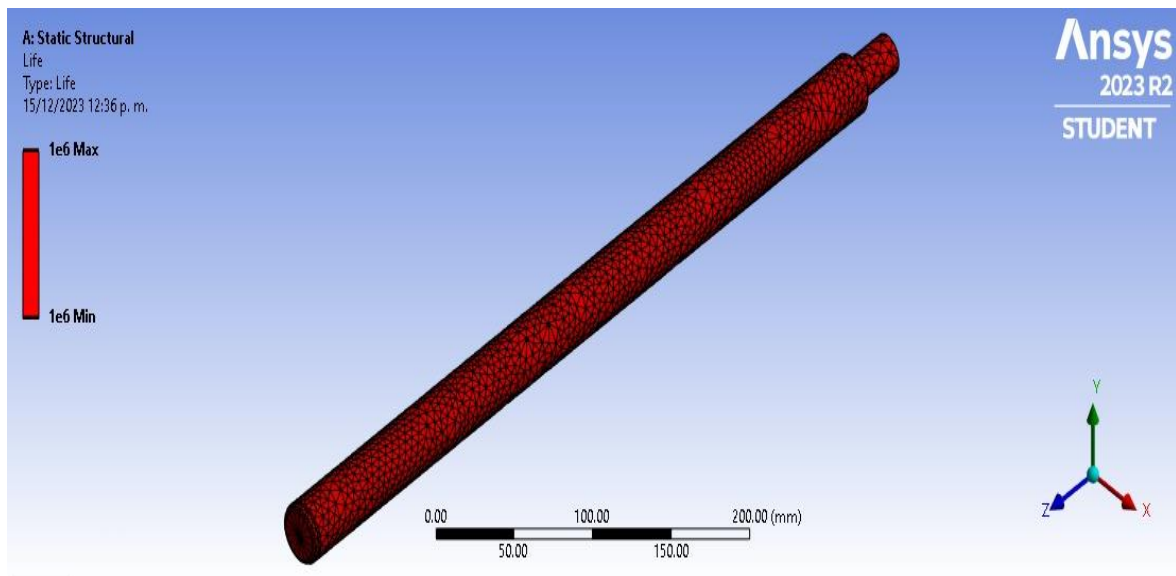


Nota: Diseño propio

La representación gráfica en la figura 20 muestra que el eje experimenta una deformación máxima de 0.17823 mm, lo cual sugiere que el eje será capaz de resistir las cargas máximas durante su funcionamiento.

Figura 21

Resultado – Vida útil estimada del eje



Nota: Diseño propio

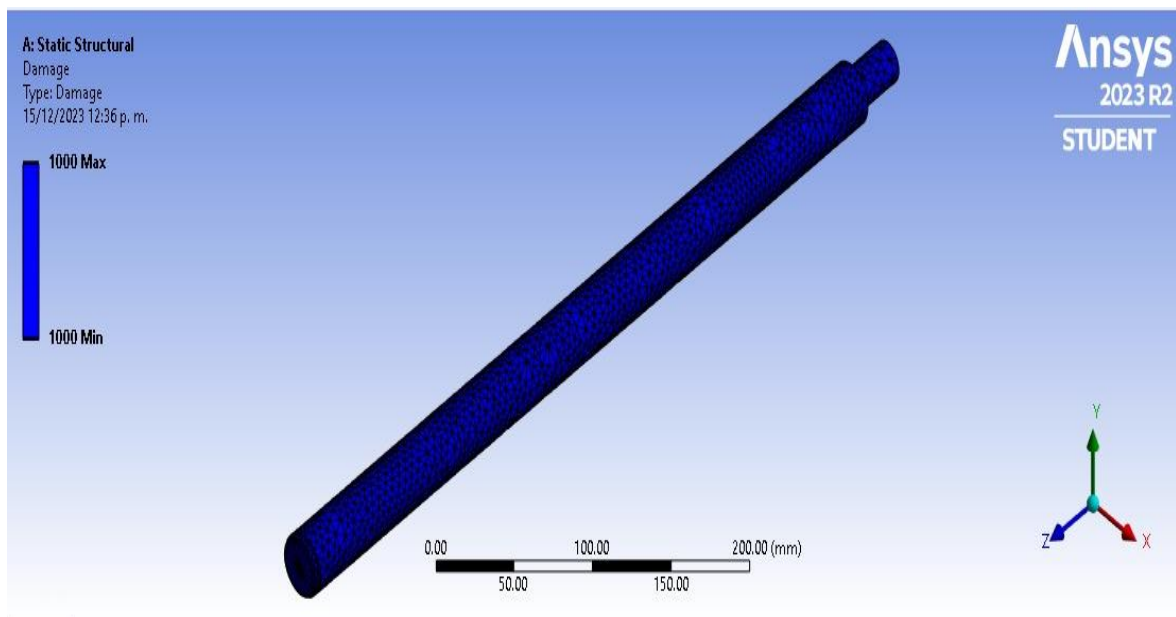
La representación gráfica en la figura 21 muestra el rango de vida útil estimada del eje, referidas en el siguiente contexto:

- (1e6 máximo), significa 1,000 000 ciclos como la duración máxima de vida esperada para el eje.
- (1e6 mínimo), indica que la vida útil no debería ser inferior a 1,000 000 ciclos.

Estos valores numéricos, expresados en notación científica (1e6 se traduce como 1 seguido por 6 ceros, es decir, 1,000 000), representan una medida de la resistencia o la durabilidad prevista del eje en términos de ciclos de carga o tensiones a los que se espera que esté expuesto.

Figura 22

Resultado – Parámetro de daño del eje



Nota: Diseño propio

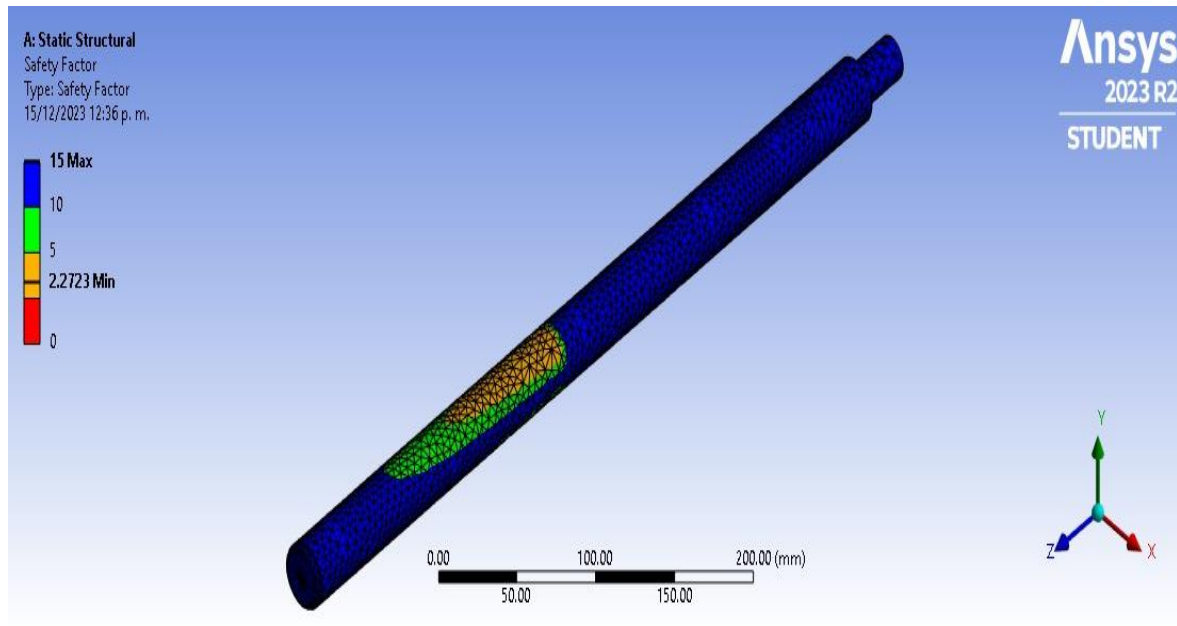
La representación gráfica en la figura 22 muestra el rango para el parámetro de daño del eje, expresados en el siguiente contexto:

- (1000 máximo) indica que el valor máximo permitido para el parámetro de daño es 1000.
- (1000 mínimo) significa que el valor mínimo permitido para el parámetro de daño no puede ser inferior a 1000.

Establecer límites máximo y mínimo ayuda a garantizar que el componente no experimente daños excesivos o inseguros durante el uso previsto. En este caso, se está indicando que el eje debe permanecer dentro de un rango específico de valores de daño para cumplir con los criterios de diseño o seguridad establecidos.

Figura 23

Resultado – Factor de Seguridad del Eje



Nota: Diseño propio

La representación gráfica en la figura 23 muestra que se ha establecido un valor mínimo para el factor de seguridad del eje, expuestos en el siguiente contexto:

- (2.2723 min) indica que el factor de seguridad del eje no debe ser inferior a 2.2723.

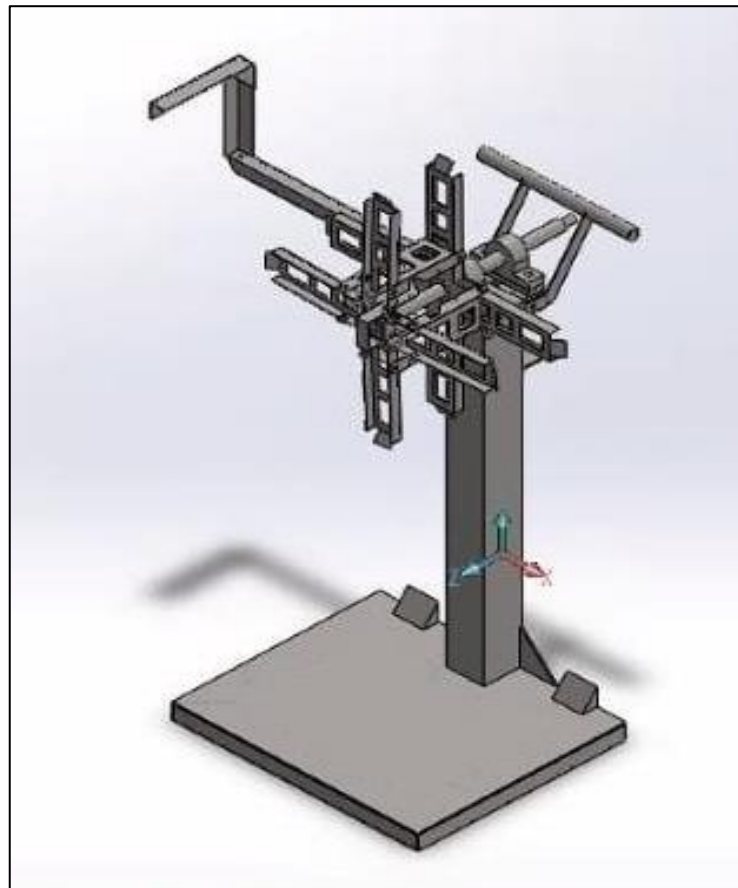
Un factor de seguridad mayor a 1 indica que el componente es capaz de soportar las cargas aplicadas sin fallar. En este caso, se está especificando que el eje debe tener un factor de seguridad de al menos 2.27 para cumplir con los requisitos de seguridad establecidos. Un factor de seguridad más alto generalmente indica un diseño más robusto y capaz de resistir condiciones de carga variadas.

4.10. Simulación del comportamiento estructural de la máquina

Con el fin de diseñar la estructura, dada la complejidad para calcularla de manera analítica, se realizó un análisis empleando el método de elementos finitos mediante el programa ANSYS. En la fase de simulación, se generó inicialmente la caja negra, la cual se presenta en la Figura 25, a partir del boceto tridimensional que se observa en la Figura 24.

Figura 24

Representación tridimensional del diseño estructural.

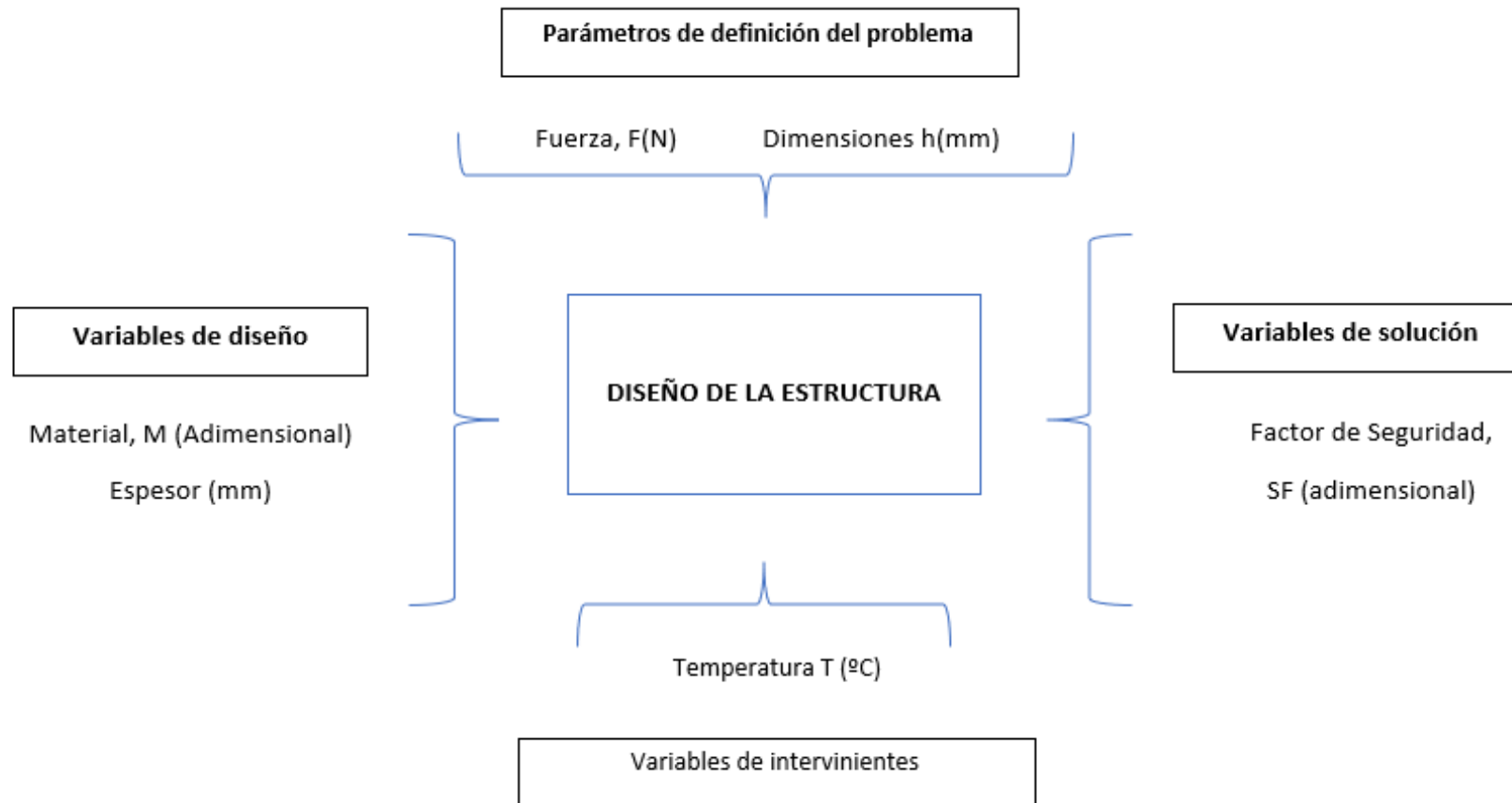


Nota: Diseño propio

Las variables analizadas en la caja negra se describen en la Tabla 14, y los resultados de las simulaciones se resumen de manera concisa en las Figuras 26, 27, 28 y 29.

Figura 25

Comportamiento estructural de la máquina (Sección de la caja negra)



Nota: Diseño propio

Tabla 14*Parámetros y sus respectivos valores para la simulación*

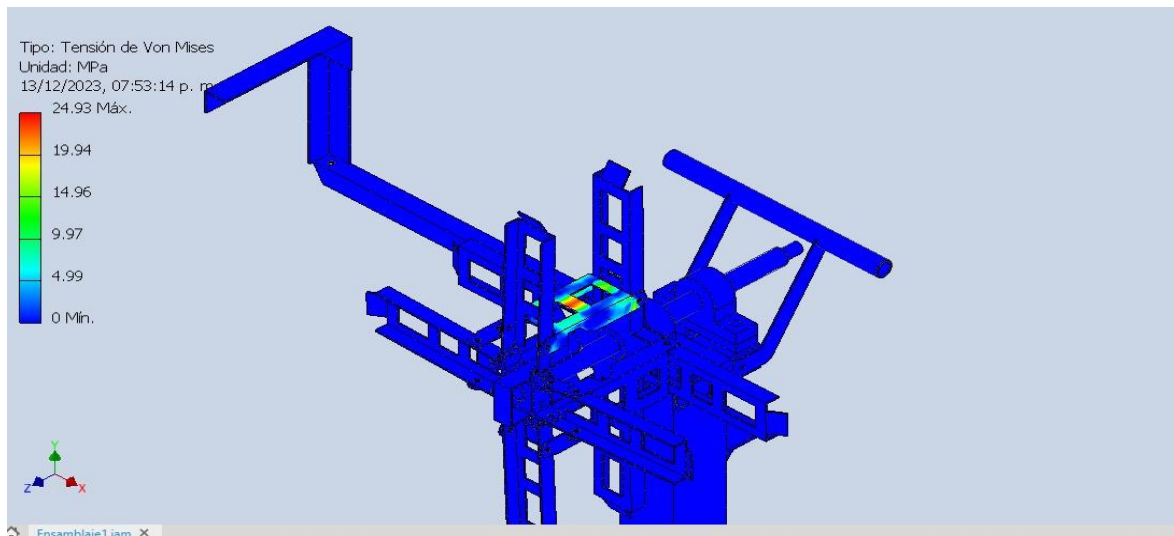
	Información	Unidad de medida	Magnitud
Parámetros del problema	Fuerza	N	882.9
	Dimensiones	mm	650 x 550
Parámetros de diseño	Material	adimensional	ASTM A36
			SAE 1045
	Espesor	mm	2 – 5
Parámetro de solución	Factor de seguridad	SF	A determinar

Se optó por utilizar acero ASTM A500 para las tuberías cuadradas o rectangulares y acero ASTM A709 para las láminas o soportes planos, con un espesor de 3 mm respectivamente. La selección de estos perfiles conduce a un factor de seguridad de 13.84, proporcionando un margen seguro para materiales dúctiles ampliamente reconocidos y utilizados en entornos controlados con cargas dinámicas.

Los resultados correspondientes a esta disposición se presentan en las figuras 26, 27, 28 y 29. La información detallada sobre el material está disponible en el Anexo 04.

Figura 26

Resultado – Tensión Von Mises de la estructura

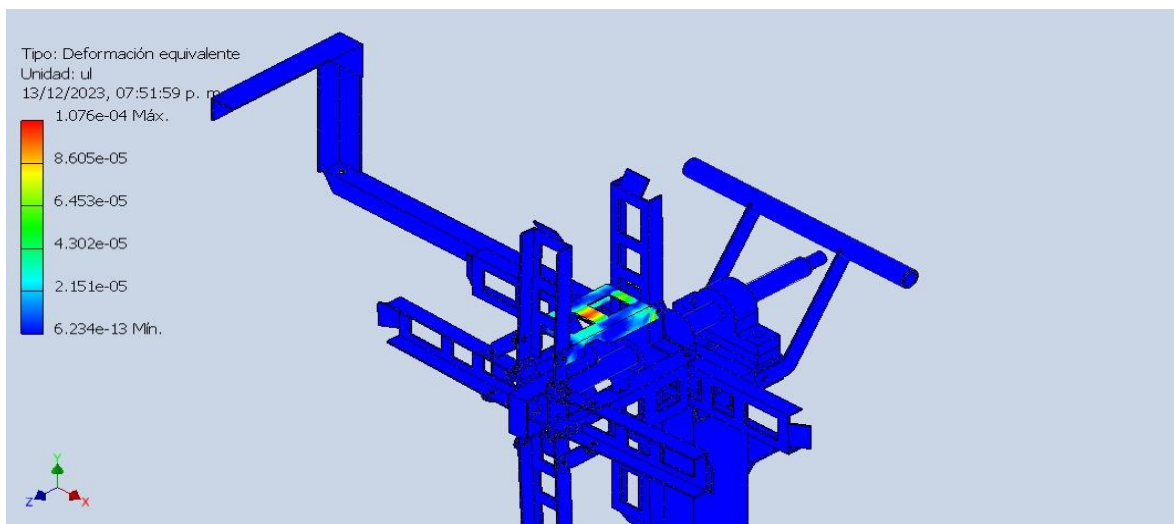


Nota: Diseño propio

En la Figura 26 se evidencia que la tensión de Von Mises alcanza su punto más alto, registrando un valor máximo de 24.93 MPa según la simulación. En esta situación, dicho valor representa el punto máximo de esta tensión, en un lugar específico o bajo condiciones particulares de carga en la estructura evaluada.

Figura 27

Resultado – Deformación equivalente de la estructura



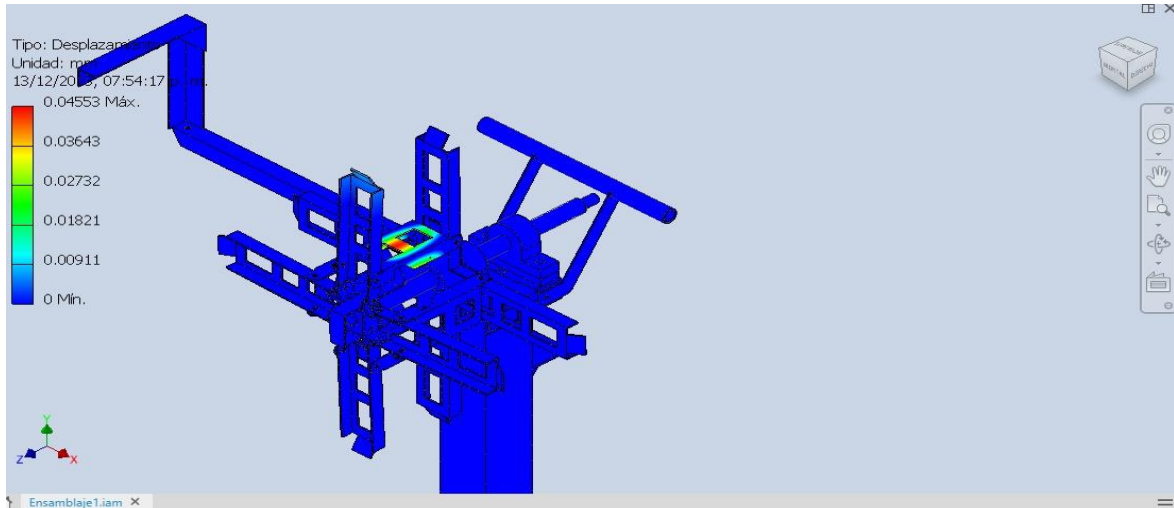
Nota: Diseño propio

La Figura 27 muestra, que la deformación equivalente de la estructura alcanza su punto más alto, registrando un valor máximo de 1.076e-04, y su punto más bajo de

6.234e-13. Este análisis evalúa la respuesta estructural y su capacidad para mantener la integridad ante cargas aplicadas.

Figura 28

Resultado – Desplazamiento de la estructura

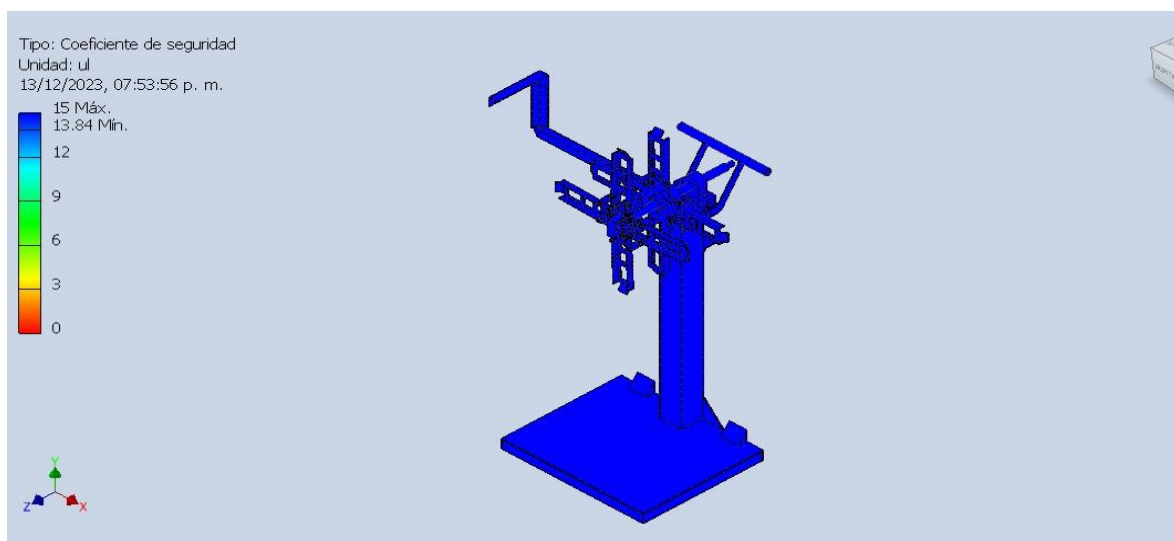


Nota: Diseño propio

La Figura 28 ilustra que el desplazamiento máximo de la estructura es de 0.04553 mm. Este valor refleja la cantidad máxima de movimiento o cambio de posición experimentado por la estructura en algún punto específico o bajo condiciones específicas de carga.

Figura 29

Resultado – Coeficiente de seguridad de la estructura



Nota: Diseño propio

En la figura 29 se evidencia el coeficiente de seguridad de la estructura es de 13.84 min. y 15 max. Expresados en el siguiente contexto:

- (13.84 min.) significa que el coeficiente de seguridad no desciende por debajo de 13.84 en ningún punto o bajo ninguna condición específica.
- (15 max.) indica que el coeficiente de seguridad alcanza su valor máximo de 15, posiblemente en algún lugar específico de la estructura o bajo ciertas condiciones de carga.

Estos valores sugieren que la estructura está diseñada para tener un amplio margen de seguridad, ya que los coeficientes son bastante elevados. El coeficiente de seguridad es una medida que indica la relación entre la carga máxima que una estructura puede soportar y la carga que realmente se aplica. Valores más altos indican un diseño más seguro.

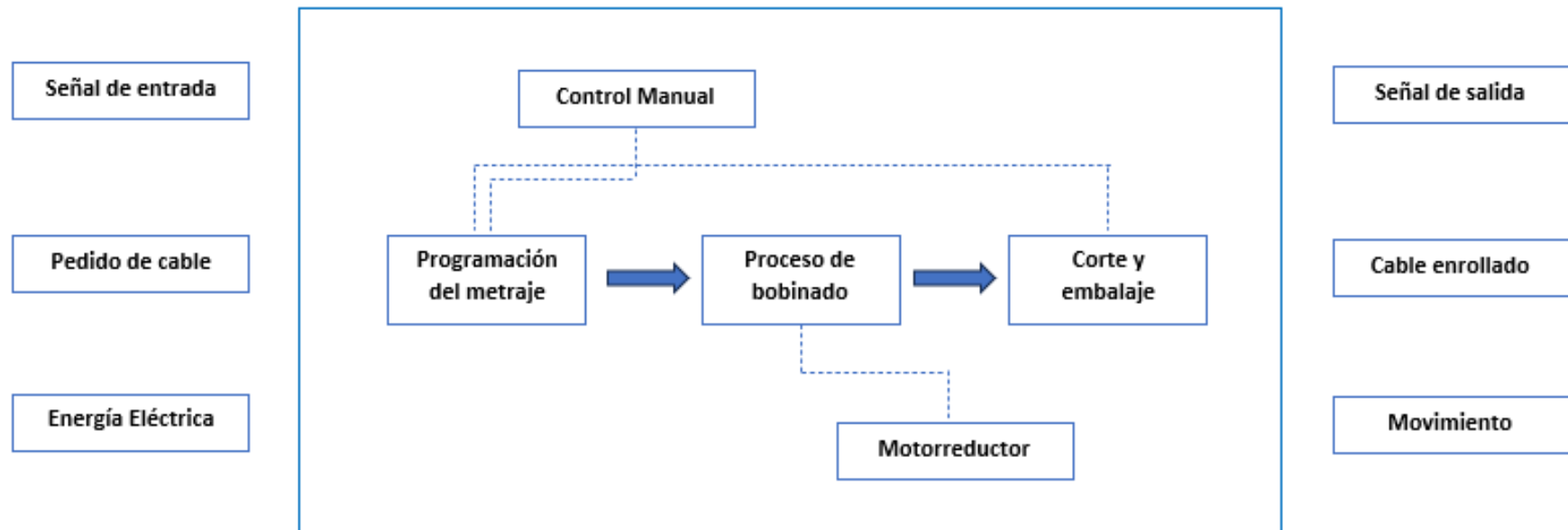
4.10. Sistema automatizado de control

Se proporciona un diagrama detallado para el control automatizado de la máquina bobinadora eléctrica.

Con el objetivo de lograr la operación automatizada de la máquina, se ha creado este esquema que especifica las funciones que debe llevar a cabo la máquina bobinadora eléctrica para completar satisfactoriamente una operación de bobinado de conductores eléctricos. La Figura 30 ofrece un diagrama detallado que describe las funciones que la máquina debe tener.

Figura 30

Esquema de funciones para la máquina encargada de bobinar cables eléctricos.



Nota: Diseño propio

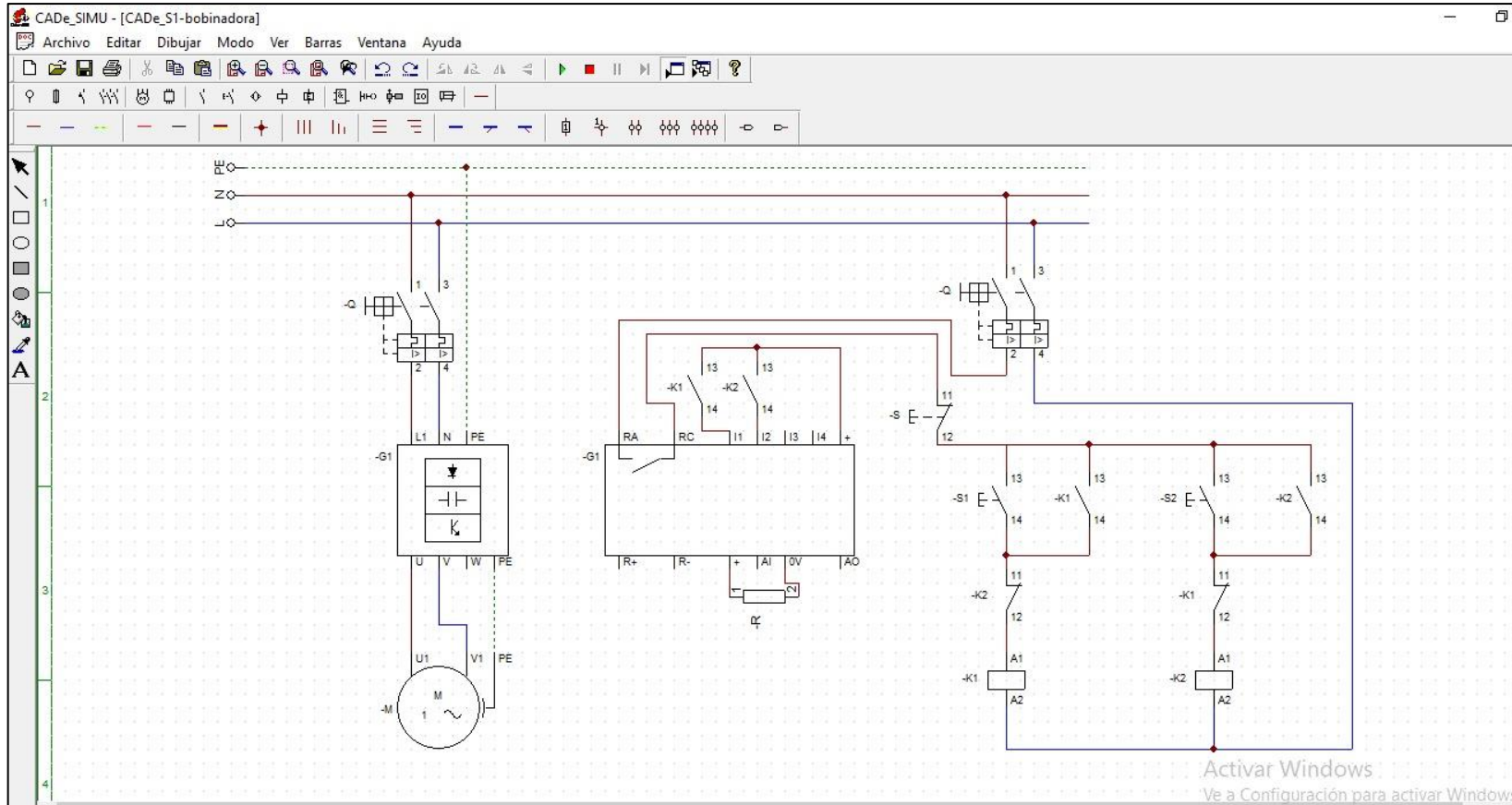
4.11. Sistema de control del motorreductor

Se evaluó el sistema, ya que el rendimiento de la máquina implica la necesidad de una velocidad variable, incorporando un variador. Este dispositivo de control de frecuencia ajustará la velocidad de bobinado según el calibre del cable y la velocidad de enrollado deseada. Asimismo, opera con una corriente de 220 ó 380 voltios, ya sea en modo monofásico a 220 V o en modo trifásico a 380 V, según la configuración específica.

La Figura 31 representa la simulación del sistema de control del motorreductor. Este sistema incorpora un variador de frecuencia que facilita la regulación de la velocidad de enrollado mediante un potenciómetro. También incorpora un Interruptor Térmico de Motor (ITM) como medida de protección integral, pulsadores para modificar la dirección de rotación y detener la máquina en situaciones de emergencia, además de contactores para el accionamiento automático.

Figura 31

Esquema de fuerza y control para la máquina bobinadora.



Nota: Esquema elaborado mediante la aplicación CADe SIMU (diseño propio)

4.12. Máximo nivel de fuerza o carga del conductor eléctrico THW-90(THW-90+PLUS)

En primer lugar, para calcular la tensión máxima antes de que se estire un alambre de cobre, se tiene en cuenta los parámetros de la Figura 32, expresado en siguiente contexto:

La fórmula para calcular la tensión en un material elástico es:

$$Tensión = \frac{Fuerza}{Área transversal}$$

Primero, calculamos el área transversal del alambre de cobre usando la fórmula del área de un círculo:

$$Área transversal = \pi x (radio)^2$$

El radio del alambre es la mitad del diámetro:

$$Radio = \frac{Diámetro}{2} = \frac{1.7mm}{2} = 0.85mm = 0.85 \times 10^{-3}m$$

Área transversal:

$$Área transversal \cong 2.268 \times 10^{-6}m^2$$

La resistencia a la tracción del cobre es aproximadamente 210 MPa.

$$Fuerza = Tensión \times Área transversal$$

$$Fuerza = 210 \times 10^6 Pa \times 2.268 \times 10^{-6}m^2$$

$$Fuerza \cong 476.28 N$$

Por lo tanto, la tensión máxima antes de que se estire el alambre de cobre será aproximadamente 476.28 N.

En segundo lugar, para calcular la tensión de ruptura del Aislante (PVC), referimos que el PVC utilizado como aislante eléctrico suele tener un límite de fluencia mínimo en el rango de 40 a 60 MPa (megapascales). En cuanto a la resistencia a la tracción, se encuentra generalmente entre 45 y 60 MPa.

Para encontrar el área del círculo más grande y luego restarle el área del círculo más pequeño, puedes usar las siguientes fórmulas:

$$\text{Área del círculo} = \pi \times (\text{radio})^2$$

Para el círculo grande con un diámetro de 3.4 mm:

1. Calcula el radio del círculo grande:

$$\text{radio} = \frac{\text{diámetro}}{2} = \frac{3.4 \text{ mm}}{2} = 1.7 \text{ mm}$$

2. Encuentra el área del círculo grande:

$$\text{Área} = \pi \times (1.7 \text{ mm})^2 \approx 9.04 \text{ mm}^2$$

Para el círculo pequeño con un diámetro de 1.7 mm:

1. Calcula el radio del círculo pequeño:

$$\text{radio} = \frac{\text{diámetro}}{2} = \frac{1.7 \text{ mm}}{2} = 0.85 \text{ mm}$$

2. Encuentra el área del círculo pequeño:

$$\text{Área} = \pi \times (0.85 \text{ mm})^2 \approx 2.27 \text{ mm}^2$$

Luego, resta el área del círculo pequeño del área del círculo grande para obtener el área restante:

$$\text{Área restante} = \text{Área del círculo grande} - \text{Área del círculo pequeño}$$

$$\text{Área restante} = 9.04 \text{ mm}^2 - 2.27 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área restante} = 6.77 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, el área restante del círculo grande después de quitar el área del círculo pequeño es aproximadamente 6.77 mm².

$$\text{Diámetro del área} = \pi \left(\frac{x}{2} \right)^2 = 6.77 \text{ mm}^2$$

$$x = 2.93 \text{ mm}$$

En tercer lugar, para calcular la tensión máxima antes de que se estire un alambre de PVC con un diámetro de 2.93 mm, necesitamos seguir un proceso similar al

anterior. Primero, calcularemos el área transversal del alambre de PVC utilizando la fórmula del área de un círculo:

$$\text{Área transversal} = \pi \times (\text{radio})^2$$

El radio es la mitad del diámetro:

$$\text{Radio} = \frac{\text{Diámetro}}{2} = \frac{2.93 \text{ mm}}{2} = 1.465 \text{ mm} = 1.465 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Área transversal} = \pi \times (1.465 \times 10^{-3} \text{ m})^2$$

$$\text{Área transversal} \approx 6.708 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

La resistencia a la tracción del PVC puede variar, pero una estimación común es alrededor de 50 MPa (megapascales).

Usando la fórmula de tensión:

$$\text{Tensión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área transversal}}$$

Podemos encontrar la fuerza máxima antes de la deformación utilizando la resistencia a la tracción:

$$\text{Fuerza} = \text{Tensión} \times \text{Área transversal}$$

$$\text{Fuerza} = 50 \times 10^6 \text{ Pa} \times 6.7080 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{Fuerza} \approx 335.4 \text{ N}$$

Por lo tanto, la tensión máxima antes de que se estire el alambre de PVC será aproximadamente 335.4 N.

Figura 32

Parámetros del conducto eléctrico THW-90(THW-90+PLUS)



ITEM	Calibre (AWG/ KCMIL)	Nº total alambres	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes Aislam. [mm]	Diam. Nom. Exterior [mm]	Peso aprox. [kg/km]
01	14	7	1.7	0.76	3.4	27
02	12	7	2.2	0.76	3.9	39
03	10	7	2.8	0.76	4.4	57.6
04	8	7	3.3	1.14	5.7	95.6

Nota: Catálogo INDECO BY NEXANS

4.13. Velocidad en RPM de la máquina bobinadora eléctrica

Para determinar las revoluciones por minuto (RPM), nos referimos al Anexo 03, considerando los siguientes detalles: La longitud del cable es de 100 metros, y el tiempo para enrollarlo es de 15 minutos, que se convierte a segundos, resultando en 900 segundos. Por ende, la velocidad lineal necesaria para bobinar 100 metros en 15 minutos es de 0.1111 m/s.

Después, establecemos la relación entre la velocidad lineal y angular, mediante la siguiente fórmula:

$$\omega = \frac{V}{R}$$

Donde:

ω : *Velocidad angular*

V : *Velocidad lineal*

R : *Radio*

En relación al tamaño de la bobina, su diámetro es de 23 cm, equivalente a un radio de 11.5 cm. Al convertir este valor a metros, se obtiene un radio de 0.115 m.

Por consiguiente, se obtiene una velocidad angular requerida de $\omega = 0.966$ rad/s. convirtiendo la velocidad angular a RPM, obtenemos 55.08rpm.

En consecuencia, el carrete debe rotar alrededor de 55.08 revoluciones por minuto (rpm) para enrollar 100 metros de cable en un lapso de 15 minutos.

4.14. Elección de los componentes estándar

En cuanto a la selección de los elementos convencionales de la máquina, se realizó una investigación en diversos catálogos de proveedores disponibles en el mercado actual con el fin de elegir los elementos convencionales de la máquina. Se basó la elección de los elementos estándar de la máquina en los resultados del análisis analítico, dando preferencia a los valores más cercanos, y se consideraron criterios de ingeniería en el proceso de selección.

4.14.1. Elección del motorreductor

Al elegir el motorreductor, se consideraron el torque requerido, con el fin de propulsar el giro de la bobina más pesada y alcanzar la velocidad angular máxima de operación, los cuales fueron calculados previamente.

Figura 33

Parámetros de selección del fabricante Lentax

Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	MODELO		Factor de Seguridad	Momento Util	Velocidad Entrada aprox.	Carga Radial adm.	Carga Axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuestos
kW	HP	(RPM)	(i)			(Fz)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página
		20,3	68,11	FOT3	1,50	1,30	505	1385	910	455	40	pag 48-49	pag 66
		22,2	62,30	FOT3	1,50	1,45	461	1385	820	410	40	pag 48-49	pag 66
		24,1	57,41	FOT3	1,50	1,55	425	1385	820	410	40	pag 48-49	pag 66
		26,0	53,17	FOT3	1,50	1,70	394	1385	820	410	40	pag 48-49	pag 66
		28,0	49,00	FOT3	1,50	1,80	363	1385	820	410	40	pag 48-49	pag 66
		30,0	45,81	FOT3	1,50	2,00	339	1385	820	410	40	pag 48-49	pag 66
		33,0	42,21	FOT3	1,50	2,10	313	1385	820	410	40	pag 48-49	pag 66
		35,0	39,74	FOT3	1,50	2,30	294	1385	820	410	40	pag 48-49	pag 66
		38,0	36,62	FOT3	1,50	2,40	271	1385	820	410	40	pag 48-49	pag 66
		40,0	34,66	FOT3	1,50	2,60	257	1385	820	410	40	pag 48-49	pag 66
		44,0	31,62	FOT3	1,50	2,80	234	1385	730	365	40	pag 48-49	pag 66
		50,0	27,43	FOT3	1,50	2,95	203	1385	730	365	40	pag 48-49	pag 66
		58,0	23,93	FOT3	1,50	3,35	177	1385	730	365	40	pag 48-49	pag 66
		46,0	30,33	FOT2	1,50	1,90	228	1385	730	365	39	pag 48-49	pag 66
		50,0	27,95	FOT2	1,50	1,95	210	1385	730	365	39	pag 48-49	pag 66
		56,0	24,65	FOT2	1,50	2,35	185	1385	730	365	39	pag 48-49	pag 66
		61,0	22,72	FOT2	1,50	2,50	171	1385	580	290	39	pag 48-49	pag 66
		67,0	20,52	FOT2	1,50	2,80	154	1385	580	290	39	pag 48-49	pag 66
		73,0	18,91	FOT2	1,50	2,85	142	1385	580	290	39	pag 48-49	pag 66
		80,0	17,38	FOT2	1,50	3,20	131	1385	580	290	39	pag 48-49	pag 66
		86,0	16,02	FOT2	1,50	3,35	121	1385	480	240	39	pag 48-49	pag 66
		93,0	14,91	FOT2	1,50	3,55	112	1385	480	240	39	pag 48-49	pag 66
		101,0	13,74	FOT2	1,50	3,65	103	1385	480	240	39	pag 48-49	pag 66
		107,0	12,92	FOT2	1,50	3,90	97	1385	480	240	39	pag 48-49	pag 66
		115,0	12,00	FOT2	1,50	4,00	90	1385	480	240	39	pag 48-49	pag 66
		36,0	38,67	FOOT3	1,50	0,95	286	1385	620	310	32	pag 48-49	pag 66
		40,0	34,48	FOOT3	1,50	1,05	255	1385	550	275	32	pag 48-49	pag 66
		47,0	29,27	FOOT3	1,50	1,25	217	1385	550	275	32	pag 48-49	pag 66

Nota: Catálogo de motorreductores Lentax

4.14.2. Elección del rodamiento

En la selección del rodamiento, se tuvo en cuenta la carga máxima que la máquina debe resistir, la cual asciende a 1980.75N. Además, las dimensiones del rodamiento coinciden con el diámetro del eje, que es de 30 mm. Los detalles técnicos específicos acerca del rodamiento y su soporte se encuentran detallados en el Anexo 4.

Figura 34

Parámetros del rodamiento

Rodamiento	
Diámetro interior	30mm
Carga axial	1980N≤x
Velocidad de operación	56 <u>RPM≤x</u>
Características	Soporte de pie con boquilla de lubricación

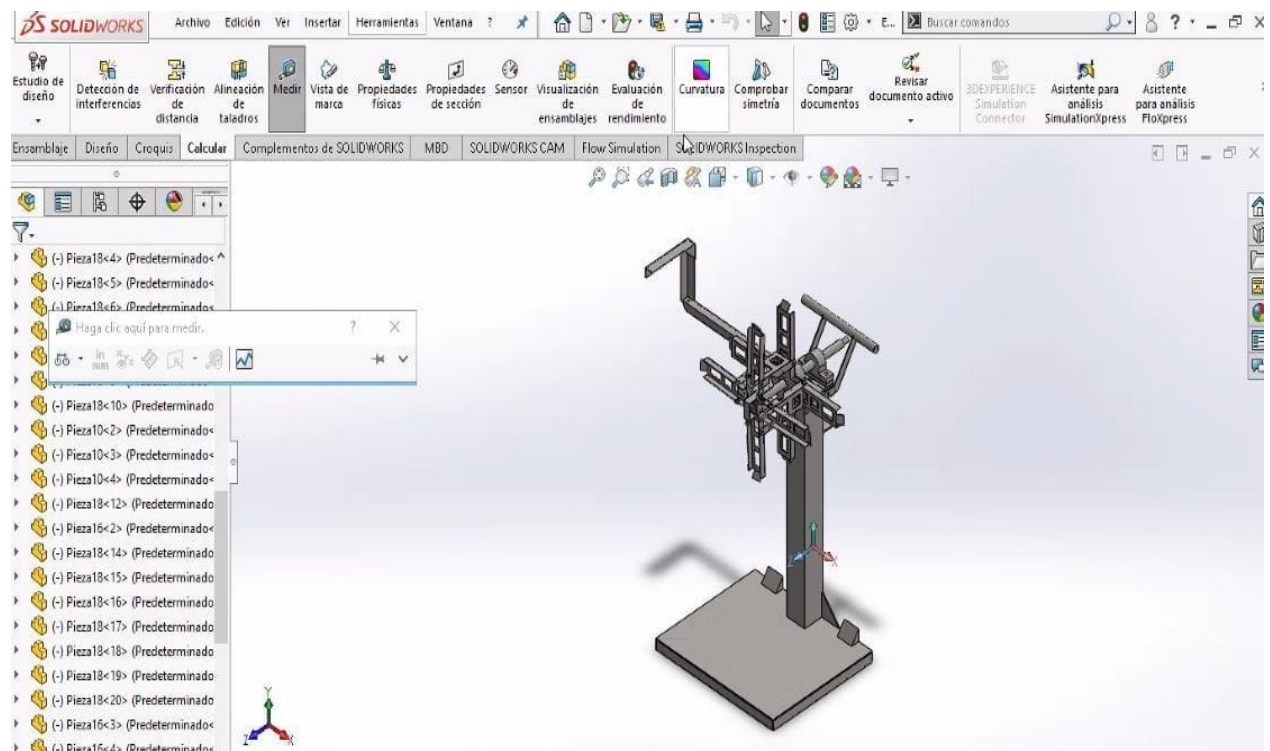
Nota: Diseño propio

4.15. Diseño de detalle

La descripción integral del diseño de la máquina se presenta en detalle en los anexos 07 al 09, donde se incluye la creación de 35 componentes con especificaciones dimensionales. La figura 35 proporciona una vista panorámica general de la máquina.

Figura 35

Diseño general de la máquina bobinadora.



Nota: Diseño propio

4.16. Evaluación financiera

El desembolso total para la adquisición de la máquina bobinadora eléctrica asciende a S/ 5,370.00 nuevos soles. La meta principal al incorporar este equipo, es lograr reducir el tiempo de despacho del bobinado de cables eléctricos en la empresa Eléctricos del Norte S.A.C. Esto representaría un ahorro mensual estimado de S/1,600.00 soles. Con esta información y haciendo uso de herramientas como Microsoft Excel, se realizó la evaluación de indicadores financieros fundamentales, como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Retorno de la Inversión (ROI). Los resultados concretos se presentan en la tabla 17.

Tabla 15

Gastos relacionados con los materiales

INFORMACIÓN	UND.	GASTO UNITARIO	SUBTOTAL
Variador de frecuencia	1	S/ 500.00	S/ 500.00
Chumacera	2	S/ 17.00	S/ 34.00
Pedal de accionamiento	1	S/ 250.00	S/ 250.00
Motorreductor	1	S/ 750.00	S/ 750.00
Faja	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Polea	2	S/ 18.00	S/ 36.00
Estructura	1	S/ 250.00	S/ 250.00
Eje	1	S/ 190.00	S/ 190.00
Pernos	Indeterminado	S/ 25.00	S/ 25.00
TOTAL			S/ 2,050.00

Nota: Diseño propio

Tabla 16

Gastos vinculados con el trabajo manual, servicios de terceros y la utilización de equipos.

INFORMACIÓN	UND.	GASTO UNITARIO	SUBTOTAL
Ingeniero de diseño,	1	S/ 1,800.00	S/ 1,800.00
Técnico eléctrico	1	S/ 300.00	S/ 300.00
Soldador	1	S/ 250.00	S/ 250.00
Asistente	2	S/ 150.00	S/ 300.00
TOTAL			S/ 2,650.00
INFORMACIÓN			
Equipo de soldadura	1	S/ 300.00	S/ 300.00
Compresor de aire	1	S/ 150.00	S/ 150.00
Taladro de mesa	1	S/ 120.00	S/ 120.00
Esmeril	1	S/ 100.00	S/ 100.00
TOTAL			S/ 670.00

Nota: Diseño propio

En la tabla 17, se estima un beneficio mensual de S/. 1,600.00 nuevos soles para la empresa durante un año, considerando una tasa de interés del 7%. El Valor Actual Neto calculado es de S/ 7,338.30 nuevos soles, y al ser positivo, indica la factibilidad del proyecto. Asimismo, con una Tasa Interna de Retorno del 28%, se concluye que el proyecto es rentable, anticipando la recuperación de la inversión inicial es aproximadamente de 3 meses.

Tabla 17

Indicadores financieros

Inversión inicial	S/ 5,370.00
Ganancia mensual	S/ 1,600.00
Tasa de interés	7%
(VAN)	S/ 7,338.30
(TIR)	28%
(ROI)	3 meses

Nota: Diseño propio

V. DISCUSIÓN

Nuestro objetivo específico N°1 buscó identificar los requerimientos y demandas del proceso de enrollado de conductores eléctricos en la empresa Eléctricos del Norte S.A.C.; para ello se realizó una encuesta a 7 trabajadores de la empresa de donde se obtuvo que: INDECO es la marca de conductor eléctrico, que se utiliza mayormente. Mientras que, el tipo de conductor eléctrico que se enrolla mayormente es el THW-90 (THW-90+PLUS). Afirmando que se necesitan 3 individuos para el enrollado y despacho de conductores eléctricos. Asimismo, que el tiempo aproximado que se demora en enrollar y despachar 100 metros de conductor eléctrico al cliente es de 25 minutos. Por lo que se afirmó que el tiempo ideal para el enrollado y despacho de 100 metros de conductor eléctrico al cliente es de 15 minutos aproximadamente. Afirmando que el 57.1% de encuestados han sufrido alguna lesión, en el proceso de enrollado del conductor eléctrico. Mientras que, el 100% de encuestados afirman que es una buena opción implementar una máquina bobinadora de conductores eléctricos. Asimismo, se afirmó que el costo de una máquina bobinadora de conductores eléctricos está entre los S/ 8,000.00 – S/ 10,000.00 nuevos soles. Respecto a las ideas mencionadas Gutiérrez y Melo (2018) demostraron la importancia de contar con equipos especializados que permitieron que la productividad aumentara en un 35%, optimizando los procesos de fabricación y reducción de tiempos y costos en la producción aproximadamente en un 25% de motores Brushless. Además, Vargas (2022) en sus resultados muestran la importancia de contar con equipos especializados en la optimización de los procesos de reparación y la reducción del tiempo del proceso de rebobinado aumentó en un 30%.

Por lo mencionado anteriormente, podemos asegurar que la necesidad de contar con máquinas bobinadoras de conductores eléctricos es necesidad en varias empresas que realizan este tipo de actividad.

Nuestro objetivo específico N°2, consistió utilizar principios de ingeniería y diseño para calcular y dimensionar los componentes de la bobinadora eléctrica, tanto mecánicos, como eléctricos; permitiendo obtener el momento de inercia: $I = 15,68377 \text{ kg.m}^2$; la aceleración angular: $\alpha = 8.47 \text{ rad/s}^2$; el torque neto en el eje: $T_{neto} = 132.8 \text{ N}$; Potencia total para girar: $P_t = 765.93 \text{ W}$ y $P_t = 1.027 \text{ HP}$;

reacciones en el eje soporte: $R_C = 1980.75$, $R_B = -1097.85$ y el momento máximo: $-125.15 \approx 125.15 M_{max}$; el diámetro del eje: $d = 0.02230 m$, expresado en pulgadas: $d = 1 \frac{1}{4}'' = 22.30 mm$; el esfuerzo máximo: $\sigma_{m\acute{a}x} = 114.95 Mpa$; el esfuerzo cortante: $\tau = 60.98 Mpa$; el esfuerzo Von Mises: $\sigma' = 156.191 Mpa$; el factor de Seguridad: $n = 2.49$; Velocidad de la bobina en RPM: $V_{\omega RPM} = 55.08 RPM$; el motorreductor: $I = 24$; longitud de la faja: $L = 44.14$; Potencia de entrada: $Ne = 1.04264$ y $Nm 1.19904 HP$. En relación con las ideas previamente expuestas, Chávez (2017) indicó la importancia de emplear rodamientos de bolas 6810zz, una chumacera con un diámetro de eje de 50 mm y una longitud de 165 mm., ya que la potencia necesaria para la tarea es de 1568 vatios, equivalente a 2 HP; se optó por un motor de 2 HP del modelo WEG W21 IEC con una potencia de diseño de 2.3 HP o 1.7 kW. En consecuencia, el arranque se realizó de manera directa mediante un variador de frecuencia de la marca SINAMICS G110, con un consumo de 6.8 amperios. Esto determinó la necesidad de emplear fusibles de 20 A, un guarda motor de 6-10 A, un contactor de 9 A y un relé térmico de 5.5-8 A. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, podemos indicar que, para dimensionar y calcular los elementos de la bobinadora, es necesario llevar a cabo cálculos mecánicos que posibiliten determinar con precisión las características en el diseño de la máquina bobinadora eléctrica, predefinidos para cada una de las partes de la máquina.

Nuestro objetivo N°3 consistió en simular los componentes dinámicos y estructurales de la bobinadora eléctrica, para ello se utilizó MATLAB para evaluar cómo varía el factor de seguridad de los aceros ASTM A36, SAE 1045 y AISI 1060 al modificar sus respectivos diámetros. Para validar los resultados obtenidos a través del cálculo analítico del eje, llevamos a cabo un análisis mediante el método de elementos finitos utilizando el software ANSYS 2023 R2. Este análisis confirmó que el eje propuesto es capaz de resistir las cargas complejas de trabajo, arrojando un Factor de Seguridad de 2.27. En relación con las ideas previamente expuestas, Saldaña (2022), indicó que el mejoramiento de la eficiencia en la producción de bobinas de fibras de polímero mediante la concepción e implementación de un sistema de control automático para los 24 ejes de una máquina bobinadora, se logró mediante una automatización exitosa de estos ejes, generando un aumento del 40% en la productividad al sincronizarlos de manera simultánea. Este enfoque

también contribuyó a mejorar la calidad al reducir irregularidades en el diámetro de las bobinas y a disminuir los costos de producción en un 30%, al eliminar la necesidad de operarios para cada eje. Por ende, se demostró como una solución eficiente para optimizar los procesos productivos de la empresa, superando las limitaciones de la máquina manual mediante la aplicación de la automatización digital.

Según lo mencionado previamente, podemos señalar que la simulación de los elementos dinámicos y estructurales de la bobinadora eléctrica resulta crucial para comprobar que el eje o estructura propuestos sean capaces de resistir las cargas de trabajo complejas, confirmando de esta manera la solidez estructural del diseño. Nuestro objetivo N°4 consistió en realizar un presupuesto de la bobinadora eléctrica diseñada, para ello se usó Microsoft Excel, se procedió al cálculo de indicadores financieros clave, tales como el (VAN), la (TIR) y el (ROI), obteniéndose como una inversión inicial de S/ 5,370.00 nuevos soles, generando una ganancia mensual de S/. 1,600.00 nuevos soles, un (VAN) de S/ 7,338.30, un (TIR) de 28% y un (ROI) expresado en meses (3), indicando que este diseño es rentable y que dicha inversión inicial se puede recuperar en un plazo máximo de 3 meses. En relación con las ideas previamente expuestas, Huallpayunca (2021), al desarrollar una máquina bobinadora multifunción con el propósito de reducir el tiempo necesario para el bobinado de motores eléctricos, se observó un incremento del 65% en la productividad debido a la realización simultánea de operaciones. Esto condujo a una disminución del 35% en los costos operativos al prescindir de varios operarios, al tiempo que mejoró la calidad al lograr un bobinado uniforme y preciso. Se destacó que la inversión en la bobinadora automática multifunción diseñada resulta rentable, generando una notable reducción en el tiempo dedicado al bobinado de motores eléctricos. La automatización exitosa del proceso de bobinado multifunción representa una contribución significativa al ofrecer una solución efectiva para agilizar dicho proceso en la industria, sin comprometer los estándares de calidad. Con base en lo anteriormente expuesto, podemos afirmar que llevar a cabo una estimación presupuestaria de la bobinadora eléctrica diseñada resulta crucial para evaluar la rentabilidad y factibilidad del desarrollo del diseño de una máquina bobinadora eléctrica.

VI. CONCLUSIONES

Fue posible identificar los requerimientos y demandas del proceso de bobinado de conductores eléctricos, adquiriendo información concreta a través de la realización de 7 encuestas. Estas encuestas facilitaron el análisis de la información relacionada con el proceso de bobinado y despacho de conductores eléctricos, en la empresa Eléctricos del Norte S.A.C. Posteriormente, se creó una propuesta de diseño conceptual y configuraciones que se adaptaron a las demandas del proceso de bobinado y despacho de la empresa.

Fue factible determinar las dimensiones del componente esencial de la máquina, que es el eje de soporte, obteniendo un diámetro de 22.30 mm, equivalente a 1 ¼” según la ficha técnica SAE 1045, a través de cálculos analíticos. Estos cálculos fueron respaldados por simulaciones utilizando el método de elementos finitos mediante el software ANSYS 2023 R2. Los resultados de la simulación concordaron de manera satisfactoria con los obtenidos a través de los cálculos analíticos. La simulación mostró un factor de seguridad de 2.27 en carga estática, presentando una diferencia del 9.2% en comparación con el valor de 2.49 obtenido mediante los cálculos analíticos.

Se logró efectuar el dimensionamiento de la estructura de manera eficaz mediante el uso del método de elementos finitos, ya que resultaba más complicado realizar cálculos analíticos para este tipo de estructuras. Se optó por utilizar acero ASTM A500 para las tuberías cuadradas o rectangulares y acero ASTM A709 para láminas o soportes planos, con un espesor de 3 mm respectivamente. Esto proporcionó un factor de seguridad de 13.84, indicando que la estructura está diseñada con un amplio margen de seguridad, ya que el coeficiente es significativamente alto.

Respecto a la muestra, el conductor eléctrico THW-90 (THW-90+PLUS) de la marca INDECO, se logró determinar el nivel máximo de fuerza o carga al que puede someterse, el conductor eléctrico en el proceso de bobinado. En la primera instancia, se observó que la tensión máxima antes de que el alambre de cobre se estire fue de 476.28N aproximadamente. En la segunda instancia, la tensión máxima antes de que se estire el alambre de PVC fue de 335.4N aproximadamente. Por lo tanto, estos datos son valiosos para comprender las propiedades y límites

del material en el proceso de bobinado, lo que puede ser crucial para el diseño y la operación eficiente de la máquina bobinadora.

Asimismo, se pudo determinar la velocidad en revoluciones por minuto (RPM) de la máquina bobinadora eléctrica, estableciendo que el carrete debe girar a aproximadamente 55.08 RPM para enrollar 100 metros de conductor eléctrico en un período de 15 minutos.

Se logró elaborar un presupuesto para la bobinadora eléctrica diseñada, presentándolo de la siguiente manera: una inversión inicial de S/ 5,370.00 nuevos soles, con una ganancia mensual estimada de S/ 1,600.00 nuevos soles, un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 7,338.30 nuevos soles, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 28%, y un Retorno de Inversión (ROI) expresado en meses (3). Estos resultados sugirieron que el diseño es beneficioso para la empresa Eléctricos del Norte S.A.C., señalando que la inversión inicial se recuperará en un máximo de 3 meses.

Finalmente, se puede afirmar que la implementación de una bobinadora eléctrica es factible para reducir el tiempo en la etapa de despacho de conductores eléctricos en la empresa Eléctricos del Norte S.A.C.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer una encuesta a los trabajadores y clientes, después de la adquisición de la máquina bobinadora eléctrica, para ver el nivel de satisfacción con respecto a la misma.

Se sugiere implementar un plan de mantenimiento para la máquina bobinadora eléctrica con el objetivo de prolongar su vida útil. Esto posibilitará la identificación de posibles fallos en distintas partes de la máquina.

En el aspecto económico, se recomienda una evaluación anual de los indicadores financieros fundamentales, (VAN, TIR y ROI).

REFERENCIAS

- Abasolo, M.; Navalpotro, S.; Iriondo, E. y Corral, J. (2016). Transmisión por correas. Disponible en: https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/50395/mod_resource/content/1/Tema%2011.%20Transmisi%C3%B3n%20por%20correas.pdf
- Aguilar, E. (2020). Diseño, fabricación y análisis dinámico de un rotor rígido sobre cojinetes magnéticos radiales. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/16667/AGUILAR_JUSCAMAITA_ENRIQUE_DISE%C3%91O_FABRICACION_AN%C3%81LISIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ávila, E. (2015). Diseño y construcción de una máquina devanadora automática para la medición de longitud de conductores eléctricos. [en línea], [consulta: 27 noviembre 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/aN6JVR>
- Banco Central de Reserva del Perú (2021). Estimaciones del balance oferta – demanda en el sector eléctrico 2021-2024. Disponible en: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/junio/ri-junio-2021-recuadro-1.pdf>
- Bruguera, D. (2009). Control de una bobinadora automática. [en línea], [consulta: 27 noviembre 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10854/272>
- Ceballos, D. (2004). Análisis del tiempo como variable en economía financiera. Barcelona. [en línea], [consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/2130/TESISCEBALLOS.pdf>
- Cervera, M. y Blanco, E. (2015). Resistencia de Materiales. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. ISBN: 978-84-944244-4-1. Disponible en: <http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Resistencia%20de%20Materiales.pdf>
- Chávez, A. (2017). Diseño de una maquina devanadora automática para mejorar la calidad en fabricación de bobinas de motores eléctricos en Seltromind-Cajamarca-2017. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2998195>
- Childs, P. (2013). Mechanical Design Engineering Handbook. Butterworth-Heinemann. Disponible en:

- https://www.academia.edu/40290800/Mechanical_Design_Engineering_Handbook_Butterworth_Heinemann_is_an_imprint_of_Elsevier
- Criado, E. (2012). Diseño y cálculo del sistema de frenado para un prototipo formula Student. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/14460>
- Gómez, M., Mayáns, Y. y Jiménez, J. (2015). Perfeccionamiento del diseño de una máquina bobinadora de materiales para la fabricación de mangueras. Revista de ciencias técnicas agropecuarias. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/932/93241559009.pdf>
- Gutiérrez, A. & Melo, A. (2018). Diseño y construcción de una máquina bobinadora semiautomática de motores Brushless. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/17778>.
- Hernández, C. (2018). Evaluación de tracción en cables eléctricos flexibles. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/859bf259-e682-4de0-96d5-95097b79e84e>
- Huallpayunca, J. (2021). Diseño de una máquina bobinadora automática multifunción para reducir el tiempo de bobinado en la Corporación Industrial Ronny SAC. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/87047/Huallpayunca_HJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- INDECO By NexanS (s.f.). Catálogo INDECO: THW-90 +PLUS AWG 450/750 V C. [en línea] [consulta: 02 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.nexans.pe/.rest/catalog/v1/family/pdf/36306/THW-90-PLUS-AWG-450-750-V->
- International Energy Agency (2023). World Energy Outlook. Disponible en: https://iea.blob.core.windows.net/assets/a85fbab6-7b2a-4d2d-9d83-e3e520f56b6e/WEO2023_Executivesummary_Spanish.pdf
- Lentax (2019). Catálogo de Motorreductores. [en línea], [consulta: 30 noviembre 2023]. Disponible en: http://www.lentax.com/pdf/catalogos/Catalogo_622_Rev_19_09_2019.pdf
- Mera, H. (2014). Metodología para el análisis de esfuerzos y a fatiga de ejes y obtención del factor de intensidad de tensiones mediante el Método Xfem en Abaqus. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/44310782.pdf>

- Montoya, S. & Payán, J. (2019). Diseño de un equipo para el almacenamiento y fraccionado de cable eléctrico, telefónicos o de fibra óptica” disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11737/T08797.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Navarro, J. (2021). Diseño de un reductor de velocidad de 1 a 100 RPM con relación de velocidades variables utilizando un software de programación. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9517>
- Pérez, F. (2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Bucaramanga, Colombia. [en línea], [consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Rankis, I.; Vitols, A. & Prieditis, M. (2019). Investigation of the effectiveness of nonlinear inductor in the AC/DC node of three phase rectifier, 2019 IEEE 7th IEEE Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE), Liepaja, Latvia, pp. 1-7, disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8976941>
- Riquelme, R. (2018). Diseño mecánico y estructural de un beltwinder para enrollado de fajas de caucho de 72/84” de ancho y 2” de espesor para fajas transportadoras de un máximo de 90m de desarrollo. [en línea], [consulta: 27 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/92eb6792-3728-403a-aca4-a80c15baf7e4>
- Saldaña, D. (2022) Diseño e implementación de un sistema de control automático para los 24 ejes de una máquina bobinadora para mejorar la producción de bobinas de fibras de polímero. disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/19355/Salda%C3%B1a_md.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Salva, L. (2015). Diseño mecánico de una máquina sembradora de semillas de quinua con una capacidad de siembra de 01 hectárea por hora y traccionada por un tractor agrícola de 55HP. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6507/S>

ALVA_LUIS_MAQUINA_SEMBRADORA_QUINUA_ANEXOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Shigley, J. (2005). Diseño en ingeniería mecánica - 6b: Edición. McGraw-Hill Companies. [en línea], [consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://termoaplicadaunefm.files.wordpress.com/2015/03/disec3b1o-en-ingenierc3ada-mecc3a1nica-de-shigley-8-edicic3b3n-budynas.pdf>
- SKF (s.f.). UCP 206 Unidad de rodamientos de bolas con soporte de pie con aro interior prolongado y fijación con tornillos, fundición, normas japonesas. [en línea] [consulta: 02 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.skf.com/pe/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-UCP%20206>
- Superintendencia Industria y Comercio (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Disponible en: https://issuu.com/quioscotic/docs/reglamento_tecnico_instalaciones_el
- Valencia, E. (2015). Diseño y construcción de una máquina bobinadora de precisión para rafia de polipropileno en la empresa Hiplas. [en línea], [consulta: 27 noviembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4646>
- Vargas, G. (2022). Desarrollo de una bobinadora concéntrica semi automática para la reparación de motores eléctricos de baja tensión para la empresa SIEM. disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23440/1/UPS%20-%20TTS1026.pdf>

ANEXOS

Anexo 01: Operacionalización de Variables.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
Variable Dependiente: Tiempo de Despacho	Según Ceballos (2004) el tiempo es una variable fundamental en la física y se refiere a la medida de la secuencia ordenada de eventos y su duración relativa.	El tiempo que tomara en embobinar el cable en el carrete para su despacho al cliente.	Cantidad de cable (m)	Razón
			Potencia del motor (HP)	Razón
			Velocidad de bobinado (RPM)	Intervalo
Variable Independiente: Diseño de la máquina bobinadora eléctrica	Según Pérez (2021) la configuración en una máquina se refiere a los parámetros, ajustes y condiciones específicas que se aplican a una máquina para adaptarla a un propósito o función particular. Estos factores abarcan la elección y la organización de elementos, configuración de controles, secuencia de operación y características operativas necesarias se establecen para lograr un rendimiento óptimo.	El enrollador de cable eléctrico le permitirá enrollar sus cables de forma ordenada, rápida y precisa.	Tipo de cable	Nominal
			Dimensiones del carrete (m)	Razón
			Capacidad de carga (kg)	Razón

Nota: Diseño propio

Anexo 02: Datos técnicos de conductores eléctricos.

Figura 36

Tabla de especificaciones técnicas de TWH - 90

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

(*) NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO / TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

Fuente: INDECO Nexans

Figura 37

Tabla de especificaciones técnicas de NH-80

TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

Fuente: INDECO Nexans

Figura 38

Tabla de especificaciones técnicas de NMT

TABLA DE DATOS TECNICOS NMT

CALIBRE	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	ESPEORES		DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE*
				AISLAMIENTO	CUBIERTA			
NºxAWG	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A
2 x 12	2x3.31	61	0.255	0.8	1.1	10.5	164	25
2 x 10	2x5.26	98	0.255	0.8	1.2	12	226	30
3 x 12	3x3.31	61	0.255	0.8	1.1	11.2	204	20
3 x 10	3x5.26	98	0.255	0.8	1.2	12.7	285	25
4 x 12	4x3.31	61	0.255	0.8	1.2	12.4	251	20
4 x 10	4x5.26	98	0.255	0.8	1.4	14.3	358	25

Fuente: INDECO Nexans

Figura 39

Tabla de especificaciones técnicas de cable concéntrico de cobre

DATOS DIMENSIONALES

Nro Conduct.	Sección [mm ²]	Nº total alambres	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes. Aislam. [mm]	Sec. Cond. Concéntrico [mm ²]	Mín. espes. Cubierta [mm]	Diám. sobre cubierta [mm]	Peso aprox. [kg/km]
1	4	1	2.2	1.0	4	1.8	8.9	142
1	6	1	2.7	1.0	6	1.8	9.6	187
1	10	1	3.5	1.0	10	1.8	10.8	274
2	6	1	2.7	1.0	6	1.8	16.2	451
2	10	1	3.5	1.0	10	1.8	17.8	587

DATOS ELÉCTRICOS

Nro Conduct.	Sección [mm ²]	Sec. Cond. Concéntrico [mm ²]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Capac. Corriente aire 30°C [A]	Capacitancia Nominal [pF/m]
1	4	4	4.61	41	663.0
1	6	6	3.08	57	772.0
1	10	10	1.83	86	946.0
2	6	6	3.08	57	772.0
2	10	10	1.83	86	946.0

Fuente: INDECO Nexans

Anexo 03: Solución de cálculos mecánicos.

1. Momento de inercia

Un momento de inercia mayor implica que el objeto es más resistente a cambios en su velocidad angular cuando se aplica un torque. En el caso de una sección bidimensional con respecto a un eje, la distribución de la masa en esa sección específica tiene un impacto significativo en el momento de inercia.

Utilizamos la fórmula:

$$I = 1/2 m (R_1^2 + R_2^2)$$

Donde, m es la masa y R_1 y R_2 son distancias desde el eje de rotación.

$$m = 90$$

$$R_1 = 589 \text{ mm } o = 0.5896 \text{ m}$$

$$R_2 = 30 \text{ mm } o = 0.03 \text{ m}$$

Reemplazamos:

$$I = \frac{1}{2} 90 (0,5896^2 + 0.03^2)$$

$$I = 15,68377 \text{ Kg/ m}^2$$

Interpretación:

El resultado $15,68377 \text{ Kg/ m}^2$, refleja el momento de inercia del objeto en cuestión en relación con un eje de rotación específico. En términos de mecánica, el momento de inercia es una medida que indica cómo se distribuye la masa respecto a dicho eje.

2. Aceleración angular

En el contexto de aceleración angular, esta indica cuánto cambia la velocidad angular en cada segundo. Una aceleración angular positiva sugiere un aumento en la velocidad angular, mientras que una aceleración angular negativa indicaría una disminución.

Utilizamos la fórmula:

$$\alpha = \frac{dw}{dt} = \frac{w_f - w_o}{\Delta t}$$

Reemplazamos:

$$\Delta t = \frac{2\pi x \frac{0,23}{2}}{\frac{100}{15 \times 60 \text{ s}}}$$
$$\Delta t = 6,5031 \text{ s}$$

En esta ecuación, Δw representa la variación en la velocidad angular, y Δt indica la variación en el tiempo.

$$\Delta w = w_f - w_o = 55.08 \text{ rad/s}$$
$$\Delta t = \frac{2\pi x \frac{0,23}{2}}{\frac{100}{15 \times 60 \text{ s}}} = 6,5031 \text{ s}$$

Entonces:

$$\alpha = \frac{55.08}{6.5031} = 8.47 \text{ rad/s}^2$$

Interpretación:

El resultado 8.47 rad/s^2 , refiere a la aceleración angular (α) aproximada; expresando la variación de la velocidad angular en relación con el tiempo. En este caso, la aceleración angular positiva, sugiere un aumento en la velocidad angular durante el intervalo del tiempo considerado.

3. El torque neto en el eje

Para calcular el torque neto (T_{neto}) utilizaremos la 2^{da} Ley de Newton para rotación, que postula que el torque neto se obtiene multiplicando el momento de inercia (I) por la aceleración angular (α).

Utilizamos la fórmula:

$$T_{neto} = I \cdot \alpha$$

Donde:

$$I = 15.68 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\alpha = 8.47 \text{ rad/s}^2$$

Reemplazamos:

$$T_{neto} = 15.68 \times 8.47$$

$$T_{neto} = 132.8 \text{ N}$$

Interpretación:

Por lo tanto, según la 2^{da} Ley de Newton para rotación, el torque neto aproximado es 132.8 N. Este, representa la magnitud total del torque resultante aplicado a un objeto en rotación, indicando la tendencia del objeto a cambiar su velocidad angular debido a las fuerzas aplicadas.

4. Potencia total para girar

La potencia total (P_t) representa la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo. En este contexto específico, el cálculo de la potencia total está relacionado con el torque neto (T_{neto}) y la velocidad angular (N) en un sistema de rotación.

Utilizamos la fórmula:

$$P_t = \frac{N \times T_{neto}}{9.95}$$

Donde:

P_t : Potencia total para girar

N = Velocidad RPM

T_{neto} = Torque neto

Reemplazamos:

$$P_t = \frac{55,08 \times 132,8 N}{9,55}$$

$$P_t = 765.93 W$$

Para convertir la potencia de vatios (W) a caballos de fuerza (HP), utilizamos la relación estándar $1 HP = 746 W$. Entonces, para convertir $765.93 W$ a (HP), dividimos la potencia en vatios por 746 , expresados a continuación:

$$P_t = \frac{765.93 W}{746 W} = 1.027 HP$$

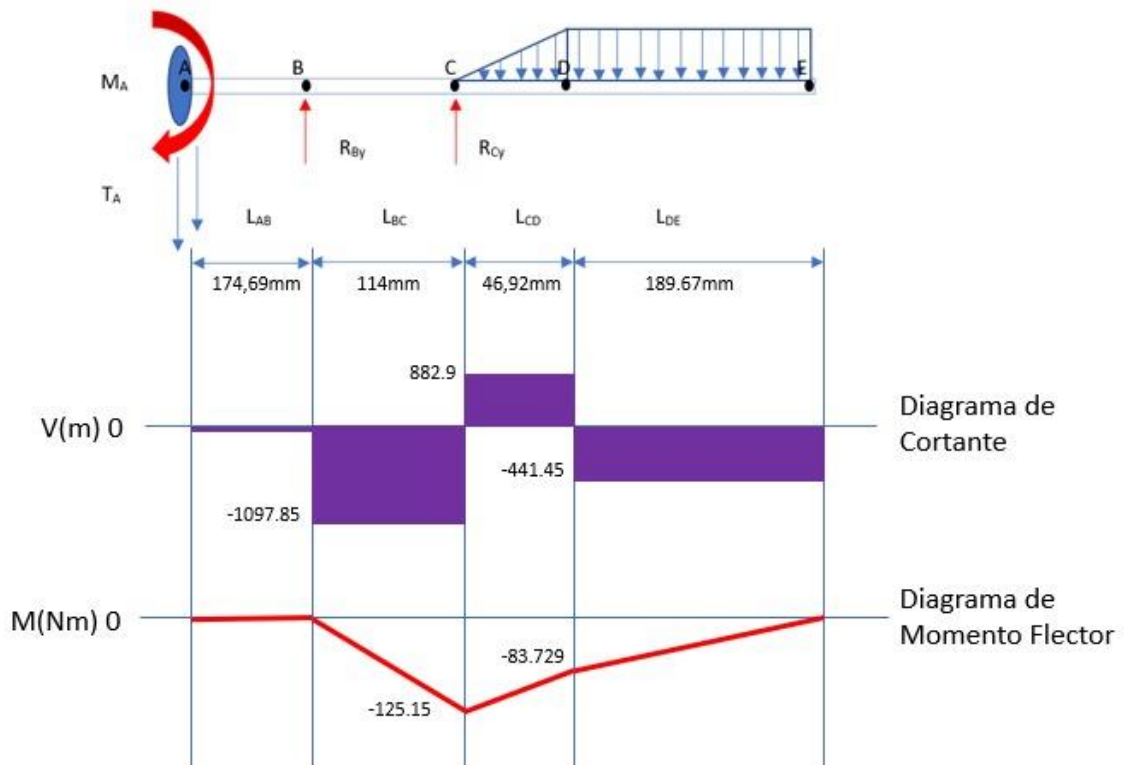
Interpretación:

Por lo tanto, la potencia total convertida a caballos de fuerza aproximada es $1.027 HP$.

5. Solución de reacciones en el eje soporte

Figura 40

Reacciones Eje soporte



5.1. Calculamos las reacciones y el momento en los apoyos:

$$\sum M_B = 0$$

$$R_C = (L_{BC}) - 441,45 (L_{BD}) - 441,45(L_{BE})$$

$$R_C = (0,114) - 441,45 (0,16092) - 441,45(0,35059)$$

$$R_C = 1980,75$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_B + 1980,75 - 441,45 - 441,45$$

$$R_B = -1097,85$$

El momento máximo: $-125,15 \approx 125,15 M_{max}$

6. Si sustituimos el esfuerzo de flexión y el esfuerzo cortante en la ecuación de Von Mises y resolvemos para la variable desconocida. Podemos determinar el diámetro del eje mediante la siguiente ecuación.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 * n}{\pi * S_y}} * \sqrt[6]{4 * M^2 + T^2}$$

Reemplazamos la ecuación:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 * 2.5}{\pi(390 * 10^6)}} * \sqrt[6]{4(125.15)^2 + 3(132.8)^2}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{1}{5^6 * 2^4 * 39\pi}} * \sqrt[6]{4 * 125.15^2 + 3 * 132.8^2}$$

$$d = \sqrt[6]{115557.61} * \sqrt[3]{\frac{1}{5^6 * 2^4 * 39\pi}}$$

$$d = 0.02230 \text{ m}$$

El tamaño del eje, expresado en pulgadas según lo indicado en el catálogo:

$$d = 1 \frac{1}{4}'' = 22.30 \text{ mm}$$

7. Calculando el esfuerzo máximo:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{32(125.15)}{\pi(0.02230)^3}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{32 * 125.15}{\pi 0.02230^3}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{4004.8}{0.02230^3 \pi}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 114.95 \text{ Mpa}$$

8. Calculando el esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{16(132.8)}{\pi(0.02230)^3}$$

$$\tau = \frac{16 * 132.8}{\pi 0.02230^3}$$

$$\tau = \frac{2132.8}{0.02230^3 \pi}$$

$$\tau = 60.98 \text{ Mpa}$$

9. Calculando el esfuerzo Von Mises:

$$\sigma' = \sqrt{114.95^2 + 3(60.98)^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{13219.6025 + 3 * 3717.3604}$$

$$\sigma' = \sqrt{24371.6837}$$

$$\sigma' = 156.191 \text{ Mpa}$$

10. Factor de seguridad:

$$n = \frac{390}{156.191}$$

$$n = 2.49$$

11. Velocidad en RPM:

Para determinar la velocidad en RPM con los datos proporcionados (distancia de 100 metros y tiempo de 15 minutos), primero se convierte el tiempo a segundos, resultando en:

$$V = 100 \text{ m}$$

$$V = 900 \text{ s}$$

$$900 = 15 \text{ min}$$

Entonces:

$$V = \frac{100}{900}$$

$$V = 0.1111 \text{ m/s}$$

Luego, relacionando la velocidad lineal con la velocidad angular:

$$\omega = \frac{V}{R}$$

Donde:

ω : *Velocidad angular*

V : *Velocidad lineal*

R : *Radio*

El diámetro de la bobina se establece en 23 cm, lo que implica un radio de la mitad de este valor, es decir, 11.5 cm.

$$R = 11.5 \text{ cm}$$

Convertido a metros, el radio es de 0.115 m.

$$R = \frac{11.5}{100}$$

$$R = 0.115 \text{ m}$$

Posteriormente, se calcula la velocidad angular necesaria

$$\omega = \frac{0.1111}{0.115} = 0.966 \text{ rad/s}$$

Finalmente, para expresar la velocidad angular en revoluciones por minuto (RPM), se realiza la conversión correspondiente.

$$V_{\omega\text{RPM}} = \omega * \frac{60\text{s}}{2\pi \text{ rad}}$$

$$V_{\omega\text{RPM}} = 55.08\text{RPM}$$

En consecuencia, el carrete debe rotar a alrededor de 55.08 revoluciones por minuto (RPM) para enrollar 100 metros de cable en un lapso de 15 minutos.

12. Cálculo para el motorreductor

Donde:

I : Relación de transmisión

W_s : Velocidad de salida

W_e : Velocidad de entrada

$$I = \frac{1370}{57}$$

$$I = 24$$

13. Cálculo de la longitud de la faja:

$$\theta_a = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \dots \frac{6 - 6}{2(20,5)}$$

$$\theta_a = 3.14$$

$$\theta_D = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \dots \frac{6 - 6}{2(20,5)}$$

$$\theta_D = 3.14$$

$$L = [4(20.5)^2 - (6 - 6)^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}(3.14 + 3.14)$$

$$L = 44.14$$

14. Potencia de entrada (Ne)

Donde:

N_e : Potencia de entrada

N_a : Potencia teórica de entrada

r : Rendimiento (dato dado por el fabricante 98.5%)

$$N_e = \frac{1.027}{0.985} = 1.04264$$

Como indica la Figura 7 en la tabla de factor de servicio, se ha seleccionado el factor de servicio de 1.

Donde:

Ne = potencia transmisible por el reductor (HP)

Nm = potencia del motor eléctrico de mando (HP)

Fs = factor de servicio

$$Nm = 1.04264 \times 1.15 = 1.19904HP$$

Anexo 04: Fichas técnicas de diseño.

FICHA TÉCNICA – ACERO ASTM A500

TUBOS

Tubo LAC ASTM A500



Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente (LAC), utilizando el sistema de soldadura de resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

NORMAS TÉCNICAS

Las propiedades mecánicas, dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500 - Grados A y B según lo solicitado.

USOS

Diversas estructuras livianas y pesadas, correderías, tjerales, postes, etc.

PRESENTACIÓN

- Longitud:
 - Redondos: 6.40 m y 6 m.
 - Cuadrados y rectangulares: 6 m.
 - Otras longitudes a pedido.
- Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Sección	Norma técnica		Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación mínimo
	Del tubo	Del acero				
Redondo	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	A	228	310	25
		ASTM A 1011 CS TIPO B		-	≥ 290	≥ 25
Cuadrado	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	A	269	310	25
		ASTM A 1011 CS TIPO B		-	≥ 290	≥ 25
Rectángulo	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	B	269	310	25
		ASTM A 1011 CS TIPO B		-	≥ 290	≥ 25

FICHA TÉCNICA – ACERO ASTM A709

Planchas A709 LAC



NORMAS TÉCNICAS

Propiedades mecánicas según ASTM A 709 Gr. 50 y dimensiones según ASTM A6/A6M.

USOS

Puentes, vigas soldadas, construcción de edificios, grúas puente, equipos mecánicos, material rodante, pilotes, tanques, etc.

PRESENTACIÓN

- Pueden suministrarse sueltas como enzunchadas.
- Las bobinas se suministran completas.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Grado	: 50
Límite de Fluencia mínimo	≥ 345 MPa
Carga de rotura	≥ 450 MPa
Elongación	≥ 21% (2"), 18% (8")

(1) Tamaño de probeta.
NORMAS EQUIVALENTES o APROXIMADAS: ASTM A 572/A 572M, ASTM A 588/A 588M Grado A, Grado B, ASTM A 742/A 742M, DIN 17100 S23-1, EN 10025 S355J0.

DIMENSIONES ESTÁNDAR

milímetros	
6.00	19.00
6.35	20.00
8.00	25.00
9.00	30.00
9.50	32.00
12.00	38.00
12.70	50.00
15.88	63.00
16.00	

FICHA TECNICA- ACERO SAE 1045

DENOMINACIONES:

REDO LISO A36; REDO LISO SAE1045.
REDO PULI A36; REDO PULI SAE1045.

DESCRIPCIÓN:

Producto laminado en caliente de sección circular, de superficie lisa y pulida (según requerimiento).

USOS:

CALIDAD	USOS
ASTM A36	Estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, cercos, barras de transferencia para pavimento rígido, etc. También para recalado y mecanizado.
SAE 1045	Pernos y tuercas por recalado en caliente o mecanizado, ejes, pines, pasadores, etc.

NORMAS TÉCNICAS:

• Composición Química y Propiedades Mecánicas:
SAE J403 (1045), ASTM A36 / A36M, y NTP 350.400

TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

• Barras de diámetros \leq a 1 1/8": ISO 1035/4 y NTP 241.105
• Barras de diámetros $>$ a 1 1/8": ASTM A6 y NTP 241.105

PRESENTACIÓN:

- Se comercializa en longitudes de 6 metros. En otras longitudes solo a pedido del cliente.
- Las barras de diámetros mayores a 1", son suministradas en estado laminado en caliente y posteriormente pulidas (según requerimiento del cliente).
- Se suministran en paquetes de 1 t.
- La calidad 1045 se identifica en los extremos, pintando la mitad de la sección con color negro.
- La calidad A36 se identifica en los extremos, pintando la mitad de la sección con color verde y la otra mitad con color negro.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:

REDO LISO:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg.)	PESO MÉTRICO kg/m	PESO DE LA BARRA kg/6m
3/8	0.56	3.36
1/2	0.99	5.97
5/8	1.55	9.32
3/4	2.24	13.43
7/8	3.05	18.27

DIÁMETRO NOMINAL (pulg.)	PESO MÉTRICO kg/m	PESO DE LA BARRA kg/6m
1	3.98	23.87
1 1/4	6.22	37.29
1 3/8	7.52	45.12
2	15.91	95.46
2 1/4	20.14	120.82

REDO LISO PULIDO:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg.)	PESO MÉTRICO kg/m	PESO DE LA BARRA kg/6m
1 1/8	5.03	30.21
1 1/4	6.22	37.29
1 1/2	8.95	53.70
1 3/4	12.18	73.09
2	15.91	95.46
2 1/2	24.86	149.16

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CUCHARA (%):

NORMA	%C máx.	%Mn	%Si máx.	%P máx.	%S máx.
ASTM A36	0.26	0.60 - 0.90*	0.40.	0.04	0.05
SAE 1045	0.43 - 0.50	0.60 - 0.90	-	0.030	0.050

(*) Para diámetros mayores que 3/4".

PROPIEDADES MECÁNICAS:

NORMA	LÍMITE DE FLUENCIA MPa (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MPa (kg/cm ²)	ALARGAMIENTO EN 200 mm mín. (%)
ASTM A36	250 (2,530)	400 - 550 (4,080 - 5,620)	20.0
SAE 1045 ^(*)	390 - 540 (4,000 - 5,500)	650 - 800 (6,700 - 8,200)	12.0

(*) valores típicos

TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

Barras de diámetro $>$ 1" ASTM A 6/A 6M.

NORMA TÉCNICA	DIÁMETRO NOMINAL (d)	DIÁMETRO (d - mm)	OVALIZACIÓN (p - mm) máx.	DESVIACIÓN DE MÁXIMA DE RECTITUD (f - mm/m)	LONGITUD (l - mm) (*)
ASTM A6	1" $<$ d \leq 1 1/8"	± 0.25	0.38	4.16	+ 50 - 0
	1 1/8" $<$ d \leq 1 1/4"	± 0.28	0.41		
	1 1/4" $<$ d \leq 1 3/8"	± 0.30	0.46		
	1 3/8" $<$ d \leq 1 1/2"	± 0.36	0.53		
	1 1/2" $<$ d \leq 2"	± 0.40	0.58		
	2" $<$ d \leq 2 1/2"	+ 0.70/- 0.0	0.58		

FICHA TECNICA - ASTM A36

ASTM A36 Steel, bar

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [ASTM Steel](#); [Carbon Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

Material Notes: Steel for general structural purposes including bridges and buildings.

Key Words: UNS K02600

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in 200 mm
	23 %	23 %	In 50 mm.
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Compressive Yield Strength	152 MPa	22000 psi	Allowable compressive strength
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.26	0.26	
Shear Modulus	79.3 GPa	11500 ksi	
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.29 %	0.29 %	
Copper, Cu	>= 0.20 %	>= 0.20 %	only if copper steel is specified
Iron, Fe	98 %	98 %	
Manganese, Mn	0.80 - 1.2 %	0.80 - 1.2 %	
Phosphorus, P	0.040 %	0.040 %	
Silicon, Si	0.15 - 0.40 %	0.15 - 0.40 %	
Sulfur, S	0.050 %	0.050 %	



FICHA TECNICA – AISI 1060

AISI 1060 Steel, as rolled

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Carbon Steel](#); [AISI 1000 Series Steel](#); [High Carbon Steel](#)

Key Words: DIN 1.0601, AFNOR CC 55, UNI C 60 (UK), B. S. 060, MIL SPEC MIL-S-16974, SAE J403, SAE J412, SAE J414, UNS G10600, AMS 7240, ASTM A29, ASTM A510, ASTM A576, ASTM A682

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

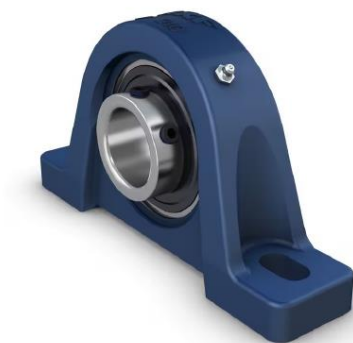
Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	241	241	
Hardness, Knoop	265	265	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	97	97	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell C	22	22	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	254	254	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	814 MPa	118000 psi	
Tensile Strength, Yield	485 MPa	70300 psi	
Elongation at Break	17 %	17 %	In 50 mm
Reduction of Area	34 %	34 %	
Modulus of Elasticity	205 GPa	29700 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical For Steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Izod Impact	18.0 J	13.3 ft-lb	
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000180 ohm-cm @Temperature 20.0 °C	0.0000180 ohm-cm @Temperature 68.0 °F	condition of specimen unknown
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear 	11.0 µm/m-°C @Temperature 20.0 - 100 °C	6.11 µin/in-°F @Temperature 68.0 - 212 °F	
	12.2 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 300 °C	6.78 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 572 °F	
	13.7 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 500 °C	7.61 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 932 °F	
Specific Heat Capacity 	0.502 J/g-°C @Temperature >=100 °C	0.120 BTU/lb-°F @Temperature >=212 °F	condition unknown
	0.544 J/g-°C @Temperature 150 - 200 °C	0.130 BTU/lb-°F @Temperature 302 - 392 °F	
Thermal Conductivity	49.8 W/m-K	346 BTU-in/hr-ft ² -°F	Typical steel
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.55 - 0.66 %	0.55 - 0.66 %	
Iron, Fe	98.35 - 98.85 %	98.35 - 98.85 %	As remainder
Manganese, Mn	0.60 - 0.90 %	0.60 - 0.90 %	
Phosphorus, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Sulfur, S	<= 0.050 %	<= 0.050 %	

References for this datasheet.

FICHA TÉCNICA DE RODAMIENTO



UCP 206



Unidad de rodamientos de bolas con soporte de pie con aro interior prolongado y fijación con tornillos, fundición, normas japonesas

Las unidades de rodamientos de bolas con soporte de pie están formadas por un rodamiento de inserción montado en un soporte de fundición que puede atornillarse a una superficie de apoyo. Esta versión es fuerte y rígida, y es adecuada para aplicaciones con sentidos de giro constantes y alternados. Tiene un aro interior prolongado en ambos lados, y se fija en el eje ajustando un tornillo de fijación en el aro interior, lo que la hace fácil de montar.

- Fuertes
- Diseñados para una rotación constante y alternada
- Listos para montar
- Rodamiento lubricado y sellado
- Fijación rápida en el eje
- Rentables

Overview

Dimensiones

Diámetro del eje	30 mm
Altura del centro (soporte de pie)	42.9 mm
Ancho total del soporte	45 mm
Distancia del centro entre los orificios para tornillos	121 mm
Ancho del rodamiento, total	38.1 mm

Rendimiento

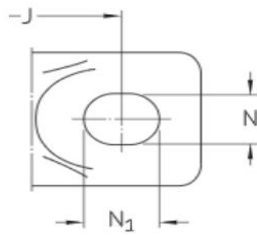
Capacidad de carga dinámica básica	19.5 kN
Capacidad de carga estática básica	11.4 kN
Velocidad límite	5 000 r/min
Note	Velocidad límite con tolerancia de eje h6

Propiedades

Tipo de soporte	Soporte de pie
Cantidad de agujeros para tornillos de fijación	2
Tipo de orificio para tornillos de fijación	Plano
Elemento de retención, aro interior	Tornillos de fijación
Tipo de agujero	Cilíndrico
Aro de asiento	Sin

Información de montaje

Tornillo de fijación	G ₂	M6x1
Tamaño de llave hexagonal para tornillo de fijación		3.05 mm
Par de apriete recomendado para el tornillo de fijación		4 N·m
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	14 mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.5625 in



mm		
L	165 mm	Longitud total
N	17 mm	Diámetro del agujero del tornillo de fijación
N ₁	21 mm	Longitud del agujero del tornillo de fijación
s ₁	22.2 mm	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro del camino de rodadura

Orificio roscado

R _G	1/4-28 UNF	Rosca del soporte para la boquilla engrasadora
R ₁	1 mm	Posición axial de la rosca del soporte
R _α	45 °	Posición angular de la rosca del soporte

Boquilla engrasadora

D _N	6.6 mm	Diámetro de la cabeza esférica de la boquilla engrasadora
SW	7.94 mm	Tamaño de la llave hexagonal para la boquilla engrasadora
G _N	1/4-28 UNF	Rosca de la boquilla engrasadora

Datos del cálculo

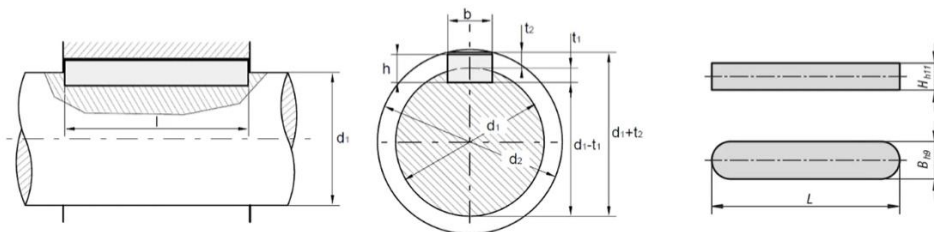
Capacidad de carga dinámica básica	C	19.5 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	11.4 kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.48 kN
Velocidad límite		5 000 r/min
		Velocidad límite con tolerancia de eje h6

Masa

Masa de unidad de rodamientos	1.2 kg
-------------------------------	--------

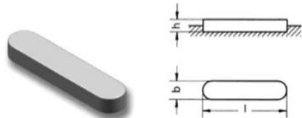
FICHA TÉCNICA DE CHAVETA

Chavetas paralelas DIN 6885



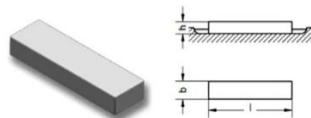
DIN 6885 A

Chaveta paralela - Forma A
Extremos redondeados (2)



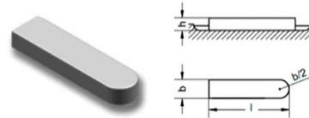
DIN 6885 B

Chaveta paralela - Forma B
Extremos rectos (2)



DIN 6885 AB

Chaveta paralela - Forma A
Extremo redondeado (1) y extremo recto (1)



Dimensiones en mm.

CHAVETA								
Sección $b \times h$	Ancho b		Altura h		Chafilán b_1		Longitud l	
	Nominal	Toler. $h9$	Nominal	Toler. $h9$ y $h11$	Mínima	Máximo	De...	...a
4 × 4	4	0	4	0	0,16	0,25	8	45
5 × 5	5	0	5	0	0,25	0,40	10	56
6 × 6	6	-0,030	6	-0,030	0,25	0,40	14	70
8 × 7	8	0	7	0	0,25	0,40	18	90
10 × 8	10	-0,036	8	0	0,25	0,40		

CHAVETERO														
Diámetro del eje d	Sección de la chaveta $b \times h$	Ancho b , tolerancia						Profundidad				Chafilán R_1		
		Nominal	Clase de ajuste del enchavetado				Eje h_1		Cubo h_2		Min.	Máx.		
			Libre		Normal		Ajustado	Nominal	Toler.	Nominal			Toler.	
Más de	hasta	Eje $h9$	Cubo D10	Eje N9	Cubo Js 9	Eje y cubo pg	Nominal	Toler.	Nominal	Toler.				
10	12	4 × 4	4	+0,030	+0,078	0	±0,015	-0,012	2,5	+0,1	1,8	+0,1	0,08	0,16
12	17	5 × 5	5	0	+0,030	-0,030		-0,042	3	0	2,3	0	0,16	0,25
17	22	6 × 6	6						3,5		2,8		0,16	0,25
22	30	8 × 7	8	+0,036	+0,098	0								

Longitudes normalizadas:

8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 63, 65, 70, 80, 90, 100,

Anexo 05: Instrumento para recopilación de datos.

Encuesta virtual

ENCUESTA



Título de Proyecto de Investigación: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA BOBINADORA ELÉCTRICA PARA MINIMIZAR EL TIEMPO DE DESPACHO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS, EN LA EMPRESA ELÉCTRICOS DEL NORTE S.A.C."

Responsables de la entrevista:

- Altamirano Villanueva, Brain Eduardo
- Asmat Rojas, Luis Francisco

Empresa: Eléctricos del Norte S.A.C.

Tema: Enrollado del conductor eléctrico, de manera manual para el despacho al cliente.

Objetivo: Adquirir información que nos permita, identificar las necesidades y demandas del proceso de enrollado del conductores eléctricos, para minimizar el tiempo de despacho al cliente.

Nombres y Apellidos del entrevistado: *

Texto de respuesta larga

Responsabilidad en la empresa: *

Texto de respuesta corta

Preguntas:



Descripción (opcional)

1. ¿Cuál es la marca de conductor eléctrico, que se utiliza mayormente? *

- INDECO
- ELCOPE
- BRANDE

2. ¿Cuál es el tipo de conductor eléctrico, que se enrolla mayormente? *

- Cable NH-80
- Cable Concéntrico de Cobre
- Cable NMT - NLT (Vulcanizado)
- Cable THW-90 (THW-90+PLUS)

3. ¿Cuántas personas realizan el enrollado del conductor eléctrico, para el despacho al cliente? *

- 2
- 3
- 4
- 5 o más

4. ¿Cuánto tiempo aproximadamente, se demora en enrollar y despachar, 100 metros de conductor eléctrico al cliente? *

- 25 minutos
- 35 minutos
- 45 minutos
- 1 horas o más

5. Para usted ¿Cuál es el tiempo ideal, para el enrollado y despacho de 100 metros de conductor eléctrico al cliente? *

Texto de respuesta corta

.....

6. ¿Ha sufrido alguna lesión, en el proceso de enrollado del conductor eléctrico? *

- Sí
- No

7. ¿Será buena opción, implementar una máquina bobinadora, para estos conductores eléctricos? *

- Sí
- No

8. ¿Cuánto cree usted, que debería costar una maquina bobinadora de conductores eléctricos? *

Texto de respuesta corta

Fuente: <https://forms.gle/fbJJhWFP7MumXJNR9>

Anexo 06: Resultados de la recopilación de datos.

Encuesta Virtual

Nombres y Apellidos del entrevistado:

7 respuestas

Julio Quiroz Gálvez

Brain Eduardo Altamirano Villanueva

Jefferson Vargas Cueva

Junior Sumarán Pardo

Ricky Morales Machado

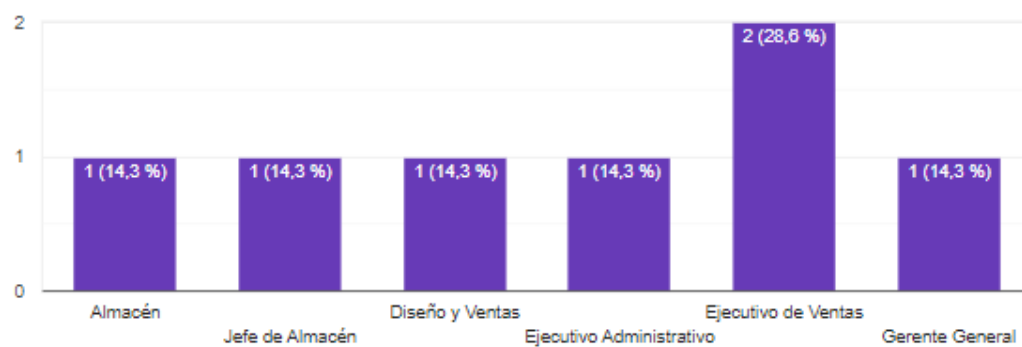
Silvia López Pardo

Luis Francisco Asmat Riojas

Responsabilidad en la empresa:

 Copiar

7 respuestas

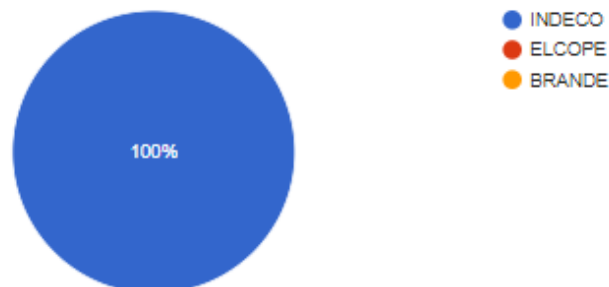


Preguntas:

1. ¿Cuál es la marca de conductor eléctrico, que se utiliza mayormente?

 Copiar

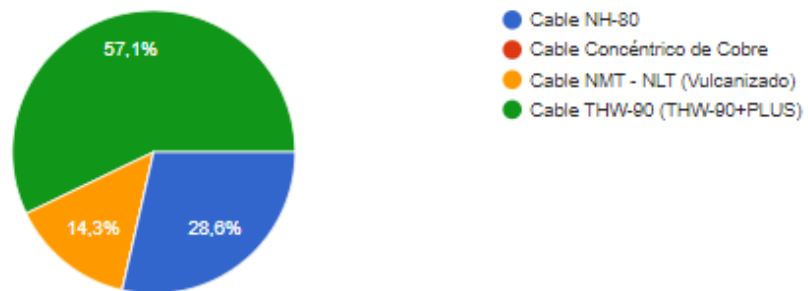
7 respuestas



2. ¿Cuál es el tipo de conductor eléctrico, que se enrolla mayormente?

 Copiar

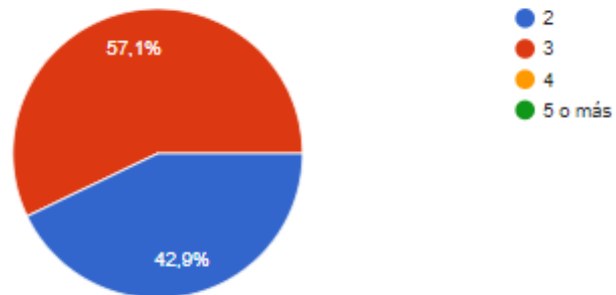
7 respuestas



3. ¿Cuántas personas realizan el enrollado del conductor eléctrico, para el despacho al cliente?

[Copiar](#)

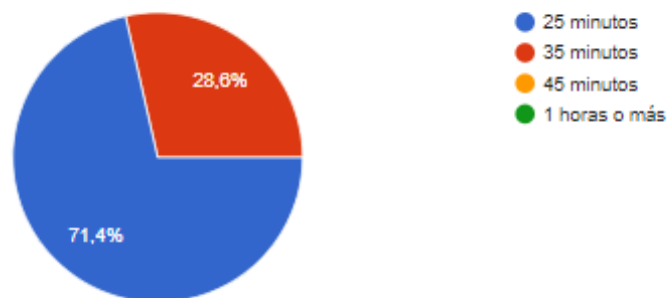
7 respuestas



4. ¿Cuánto tiempo aproximadamente, se demora en enrollar y despachar, 100 metros de conductor eléctrico al cliente?

[Copiar](#)

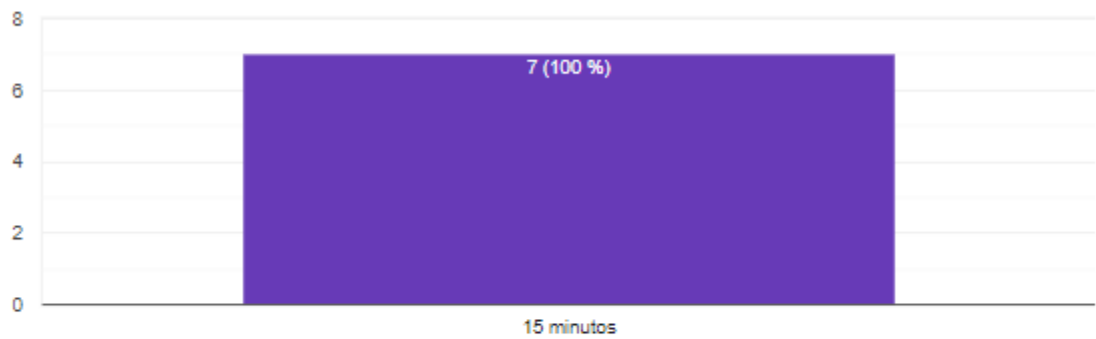
7 respuestas



5. Para usted ¿Cuál es el tiempo ideal, para el enrollado y despacho de 100 metros de conductor eléctrico al cliente?

 Copiar

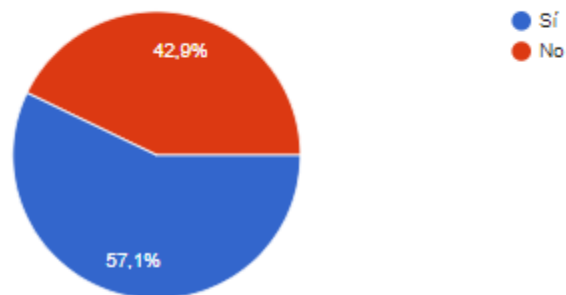
7 respuestas



6. ¿Ha sufrido alguna lesión, en el proceso de enrollado del conductor eléctrico?

 Copiar

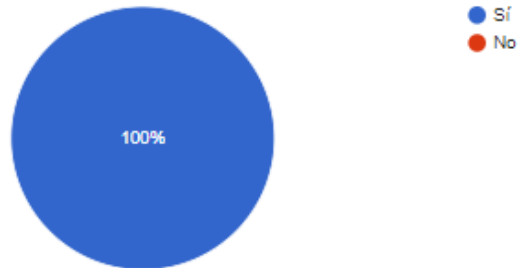
7 respuestas



7. ¿Será buena opción, implementar una máquina bobinadora, para estos conductores eléctricos?

 Copiar

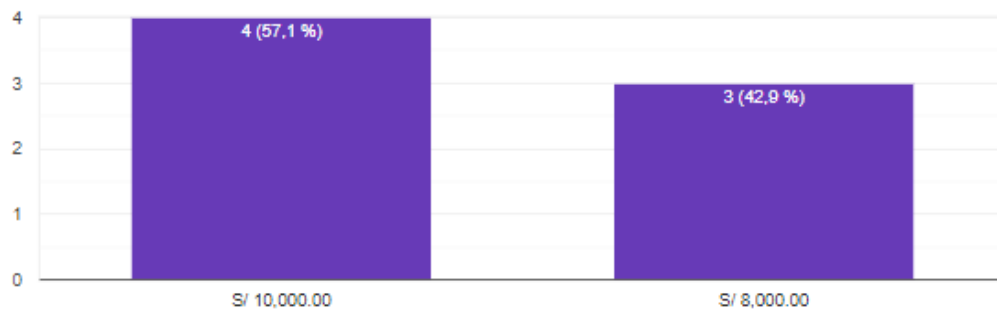
7 respuestas



8. ¿Cuánto cree usted, que debería costar una maquina bobinadora de conductores eléctricos?

 Copiar

7 respuestas

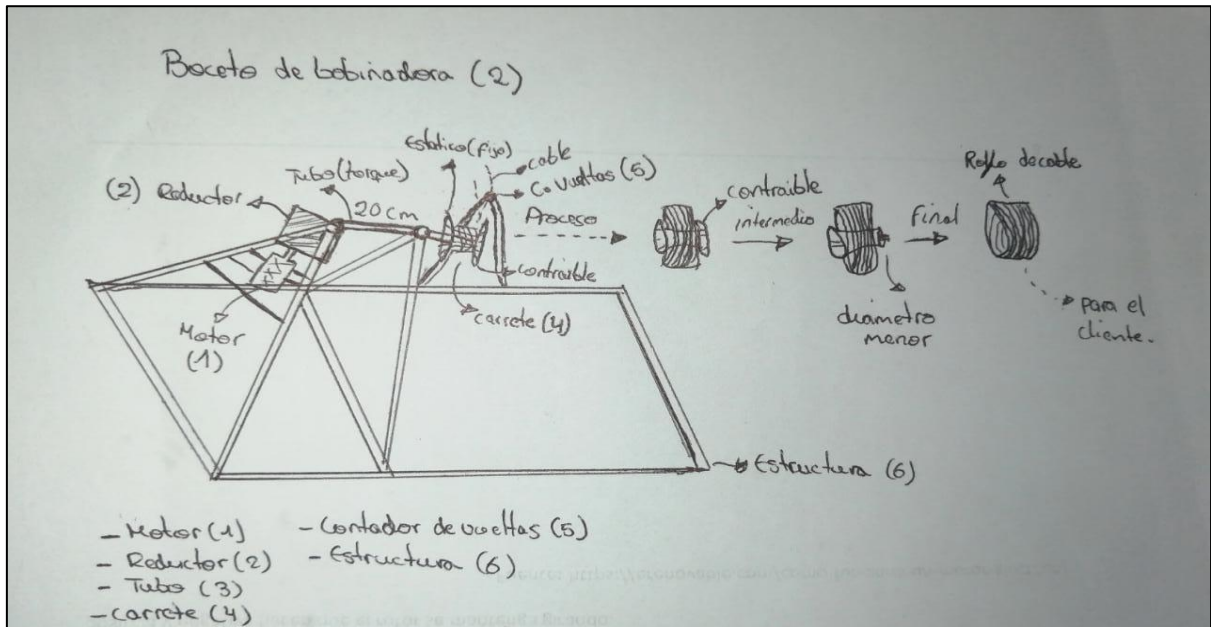


Fuente: <https://acortar.link/qZwmAi>

Anexo 07: Bocetos de diseño de la máquina bobinadora eléctrica.

Figura 41

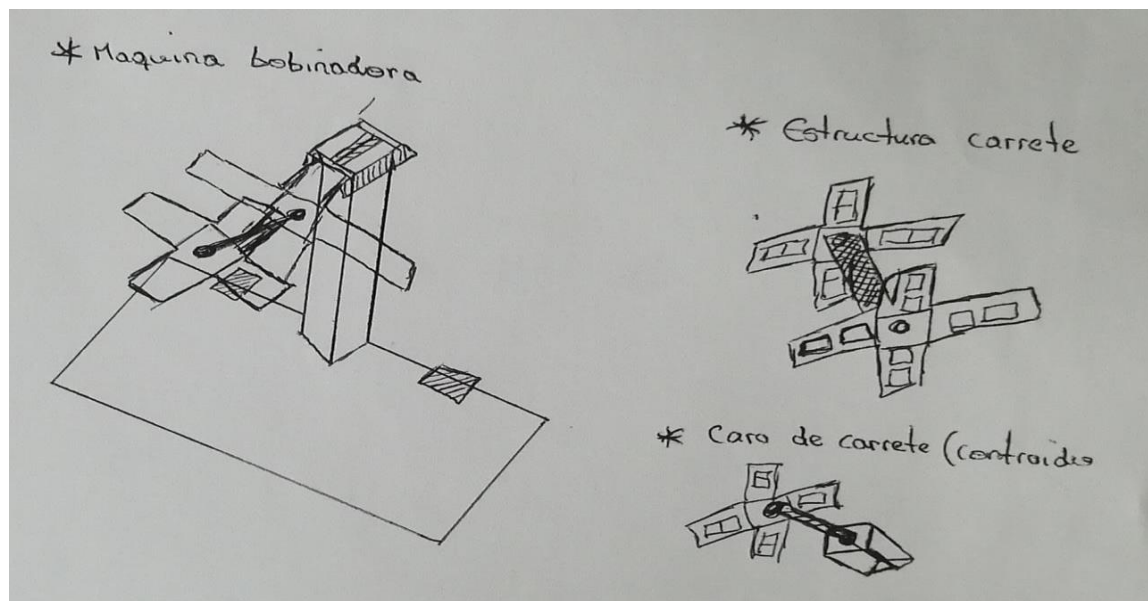
Boceto de bobinadora eléctrica (Primera Versión propuesta)



Fuente: Diseño propio

Figura 42

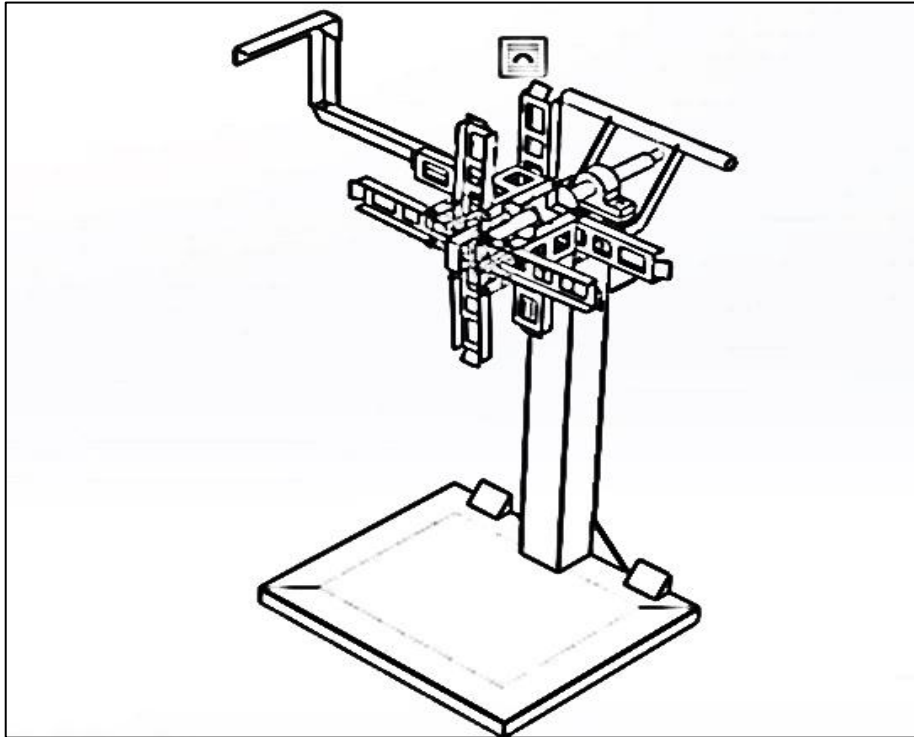
Boceto de bobinadora eléctrica (Versión mejorada)



Fuente: Diseño propio

Figura 43

Boceto Final de bobinadora eléctrica

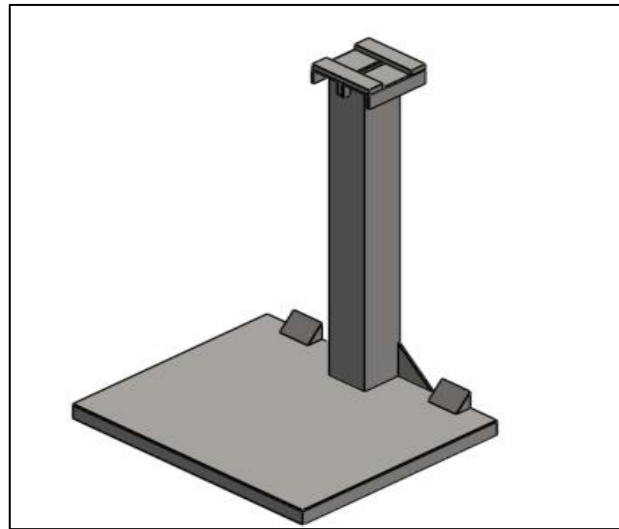


Nota: Diseño propio

Anexo 08: Diseño de componentes de la máquina bobinadora eléctrica mediante SolidWorks.

Figura 44

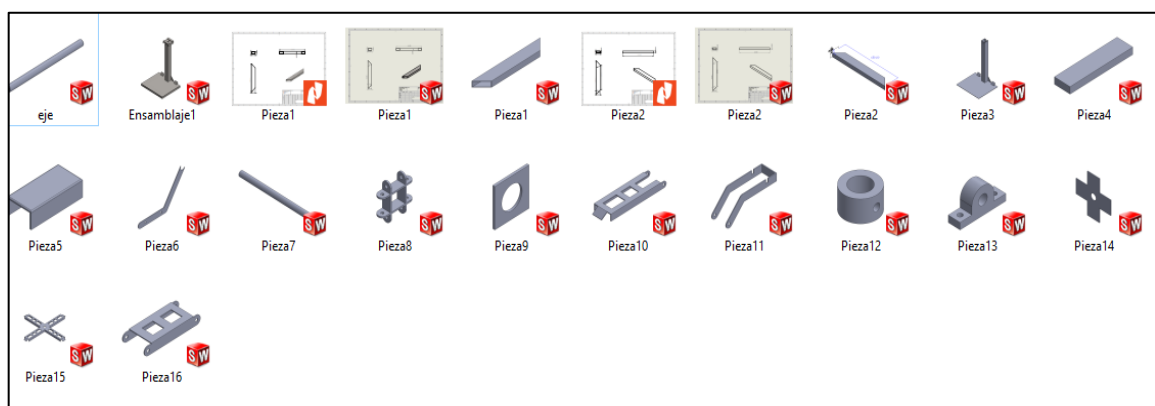
Ensamblaje de diseño 3D



Fuente: Diseño propio

Figura 45

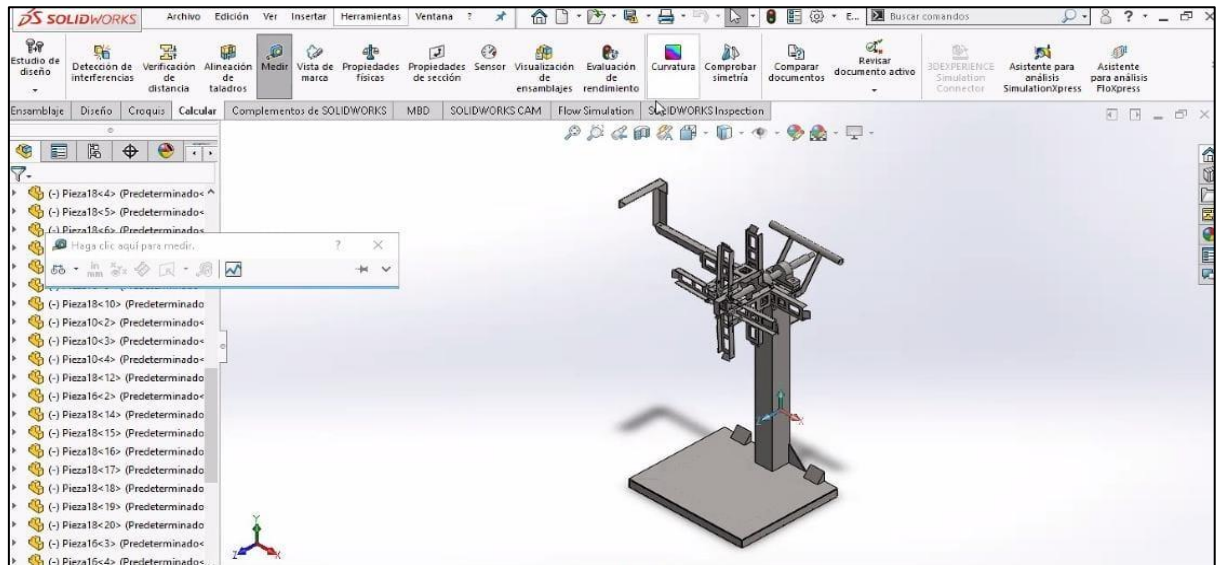
Archivo que contiene el diseño de los componentes en SolidWorks



Nota: Diseños SolidWorks propio

Figura 46

Montaje final de la estructura 3D

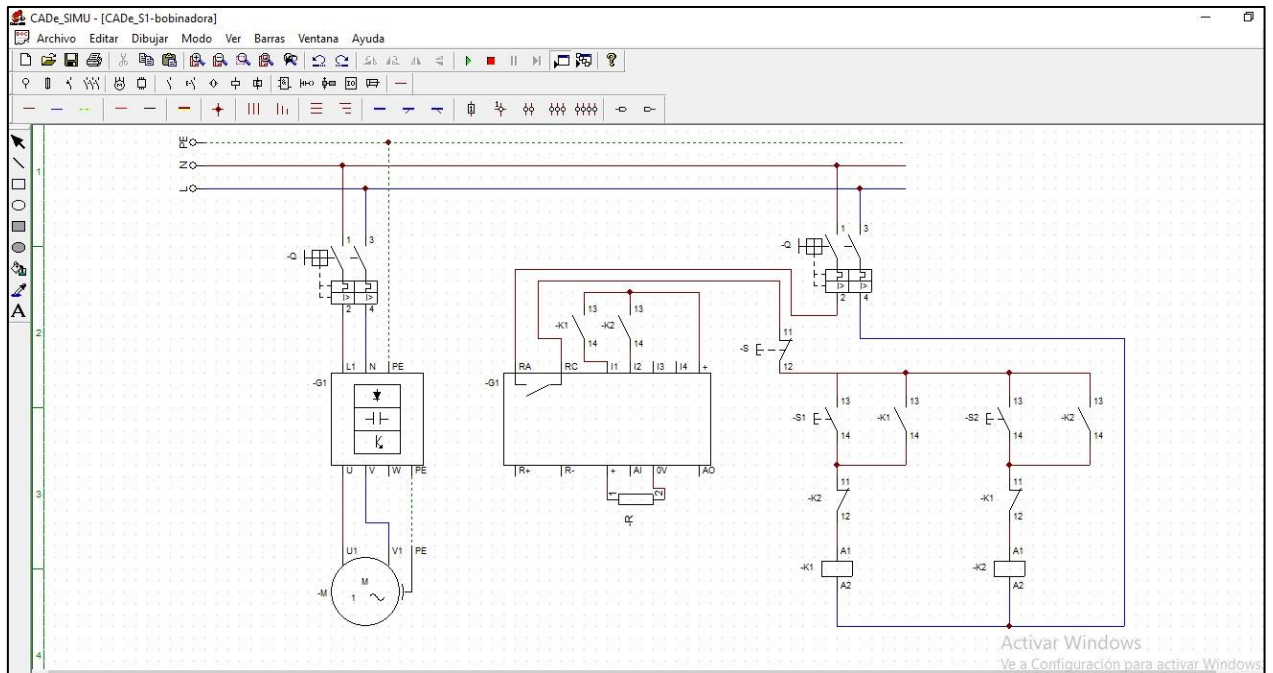


Nota: Diseño propio

Anexo 09: Diagramas en CADe_SIMU

Figura 47

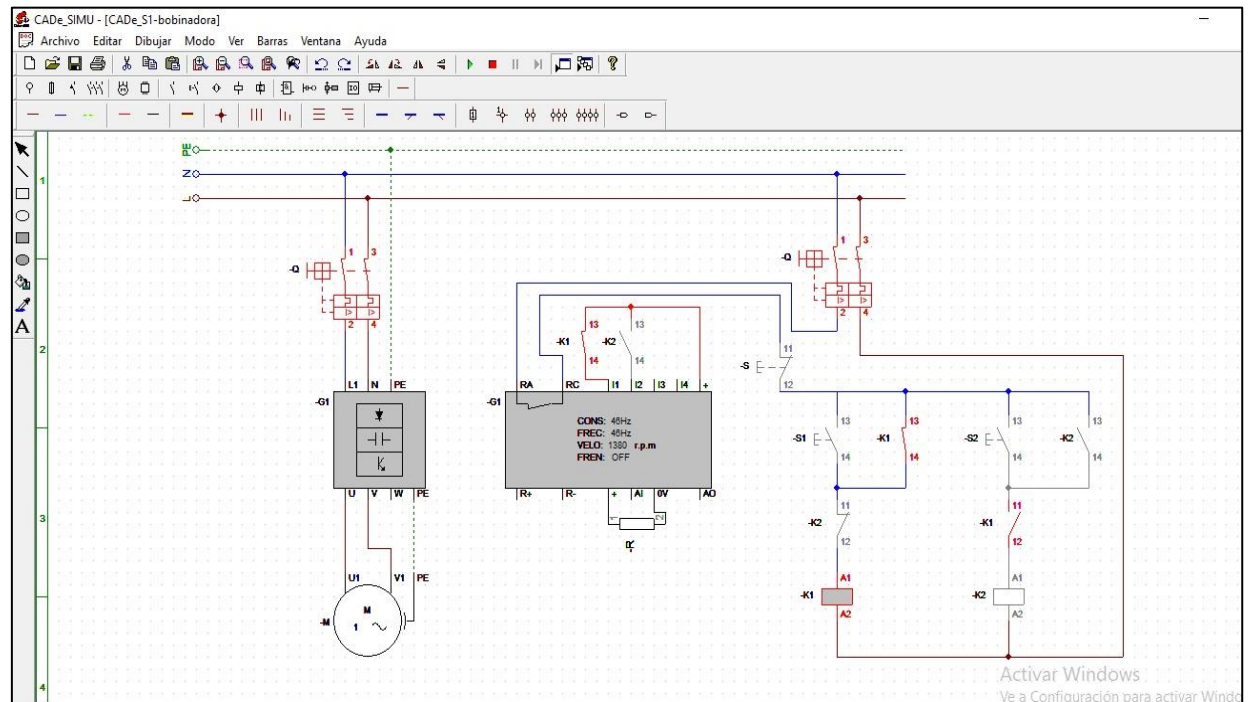
Diagrama de fuerza y mando



Nota: Diseño propio

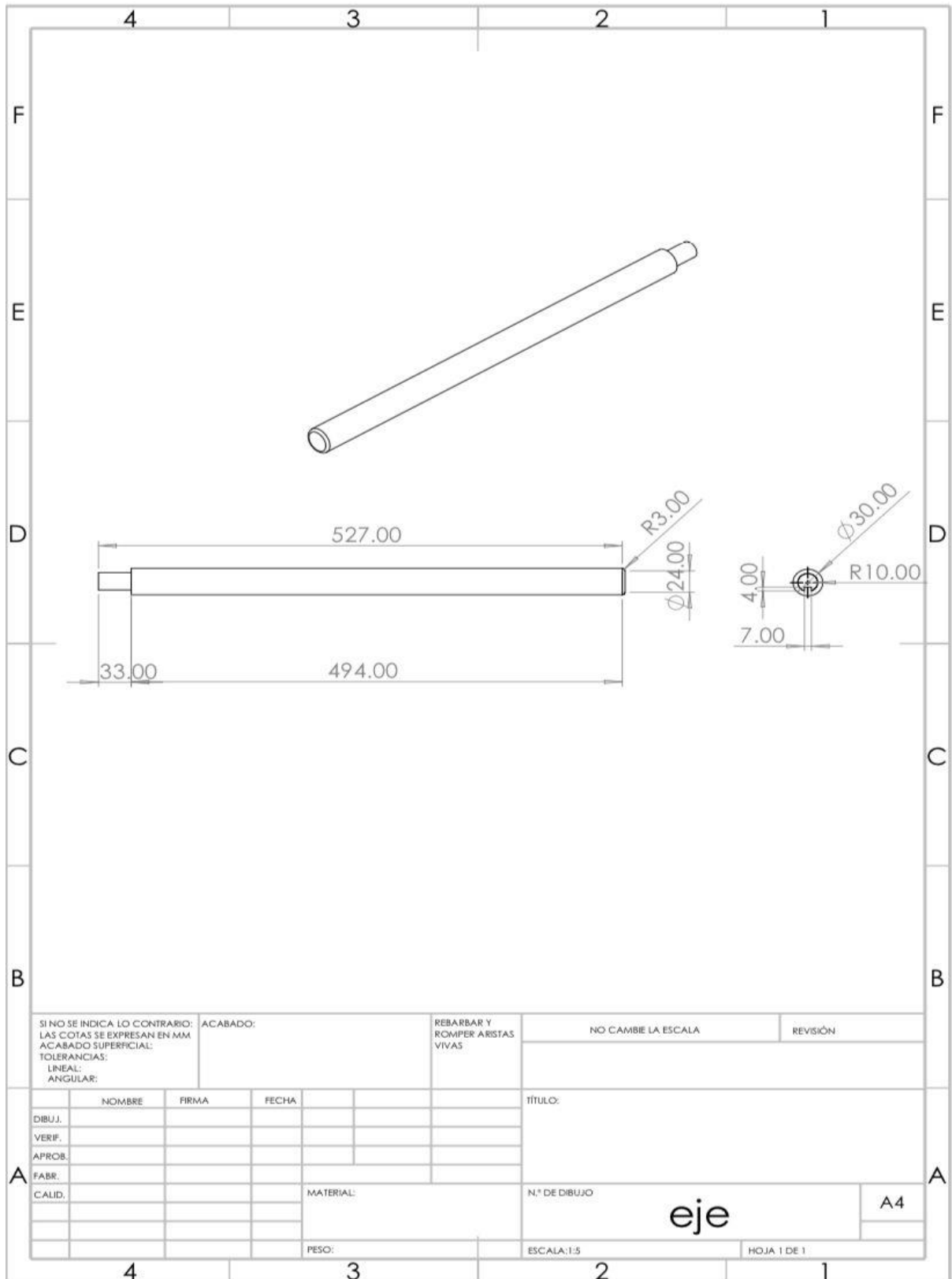
Figura 48

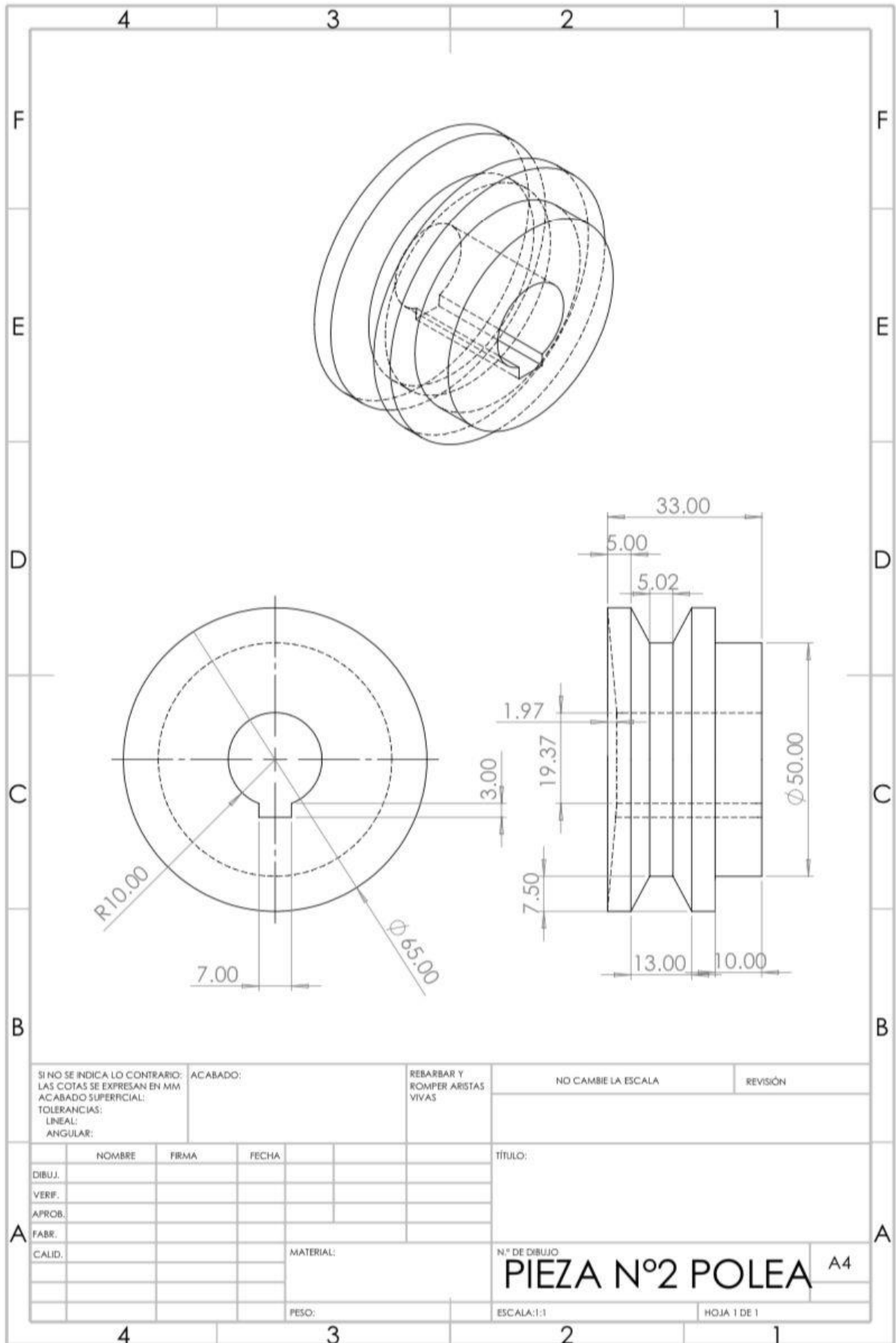
Diagrama de fuerza y mando (funcionando con el pedal accionado)



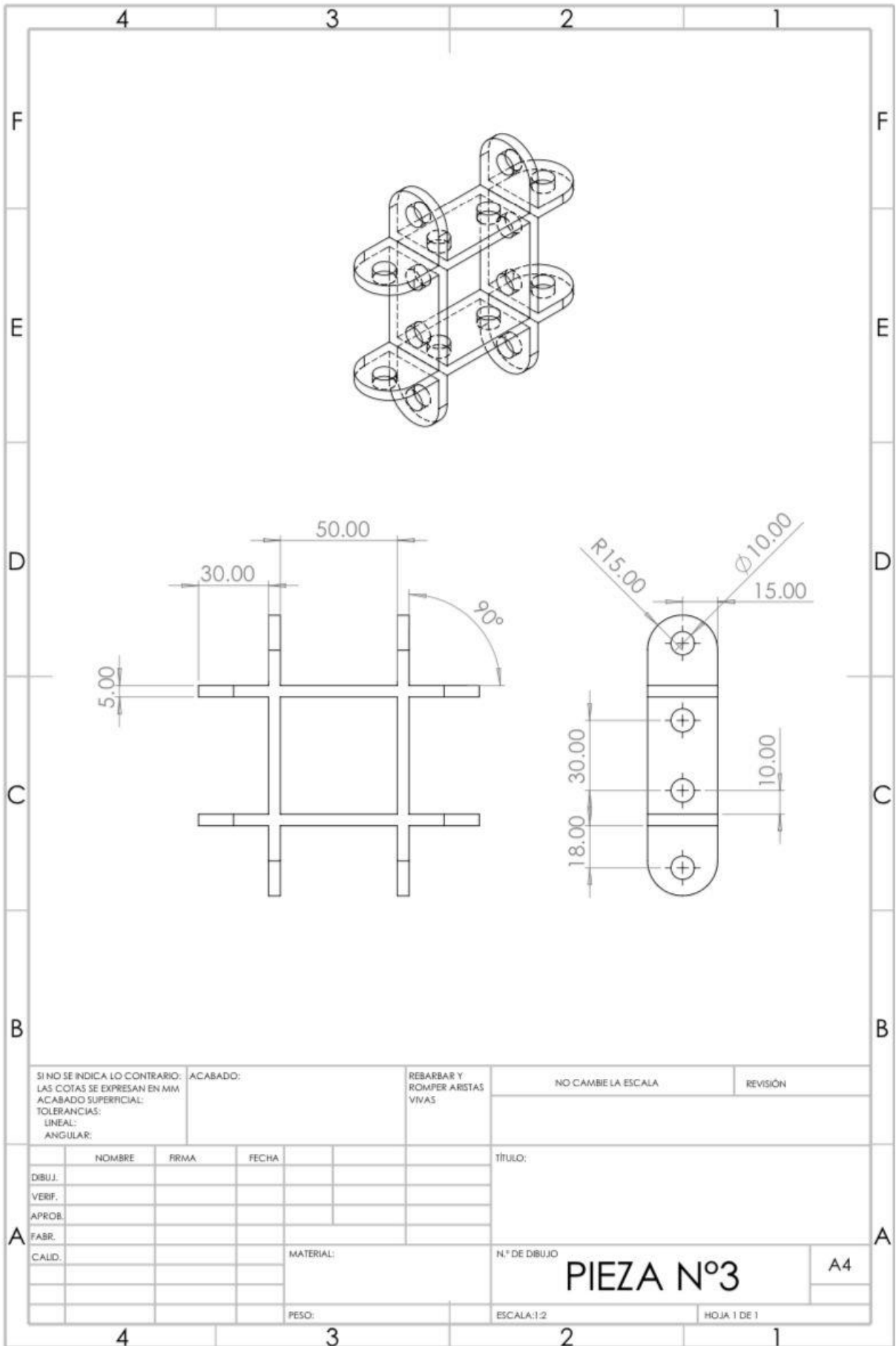
Nota: Diseño propio

Anexo 10: Planos y dimensiones de la máquina bobinadora eléctrica mediante SolidWorks





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE		FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.			MATERIAL:	N° DE DIBUJO	
				PIEZA N°2 POLEA A4	
			PESO:	ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1

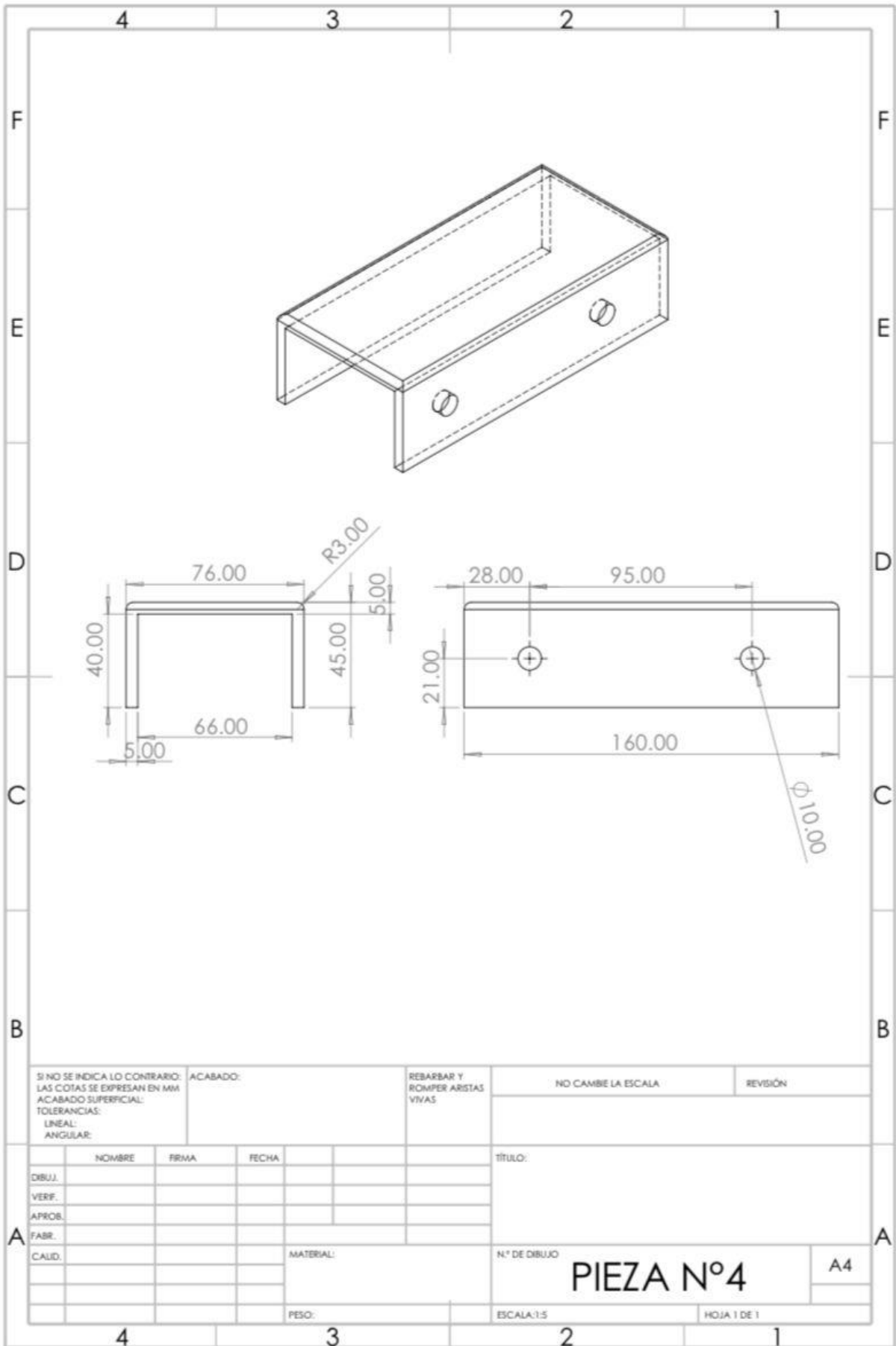


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.					

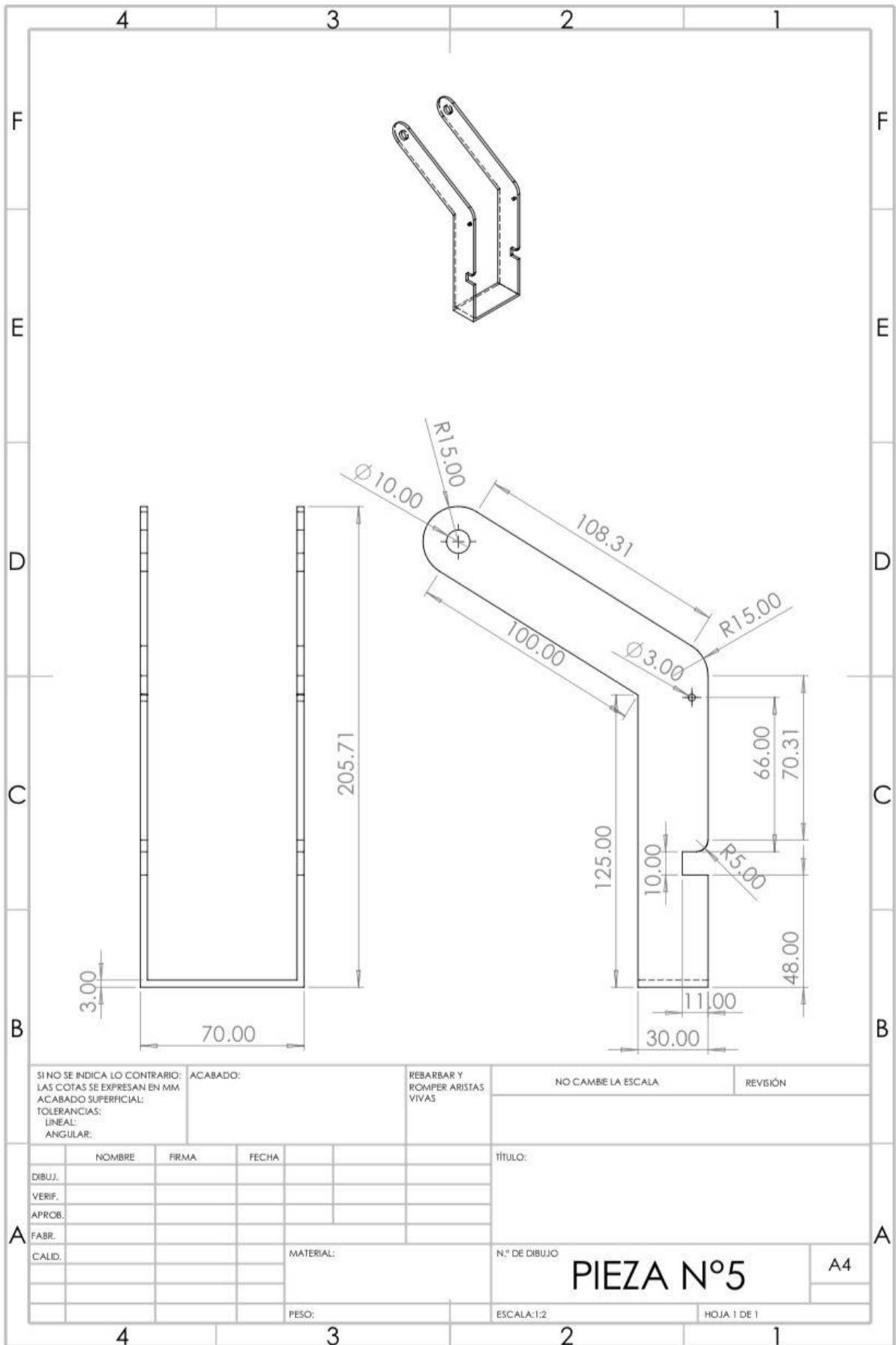
TÍTULO:	
N.º DE DIBUJO	PIEZA N°3
PESO:	
ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1

A4



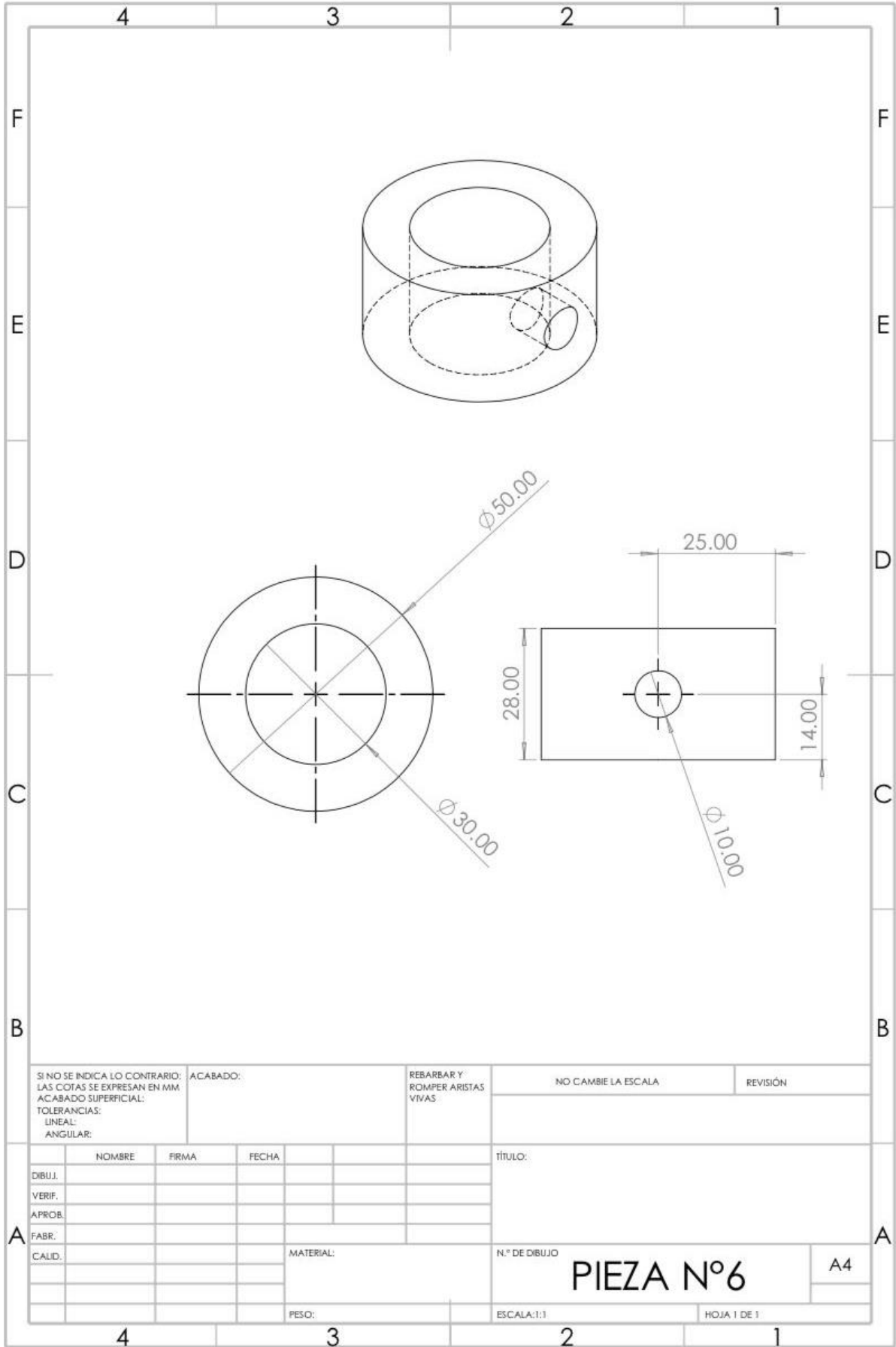
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FRMA		FECHA		TÍTULO:			
DIBUJ.									
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.				MATERIAL:		N° DE DIBUJO		A4	
				PESO:		ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1	

PIEZA N°4



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE		FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	
				PIEZA N°5	
			PESO:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1

A4



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM.
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:

N.º DE DIBUJO

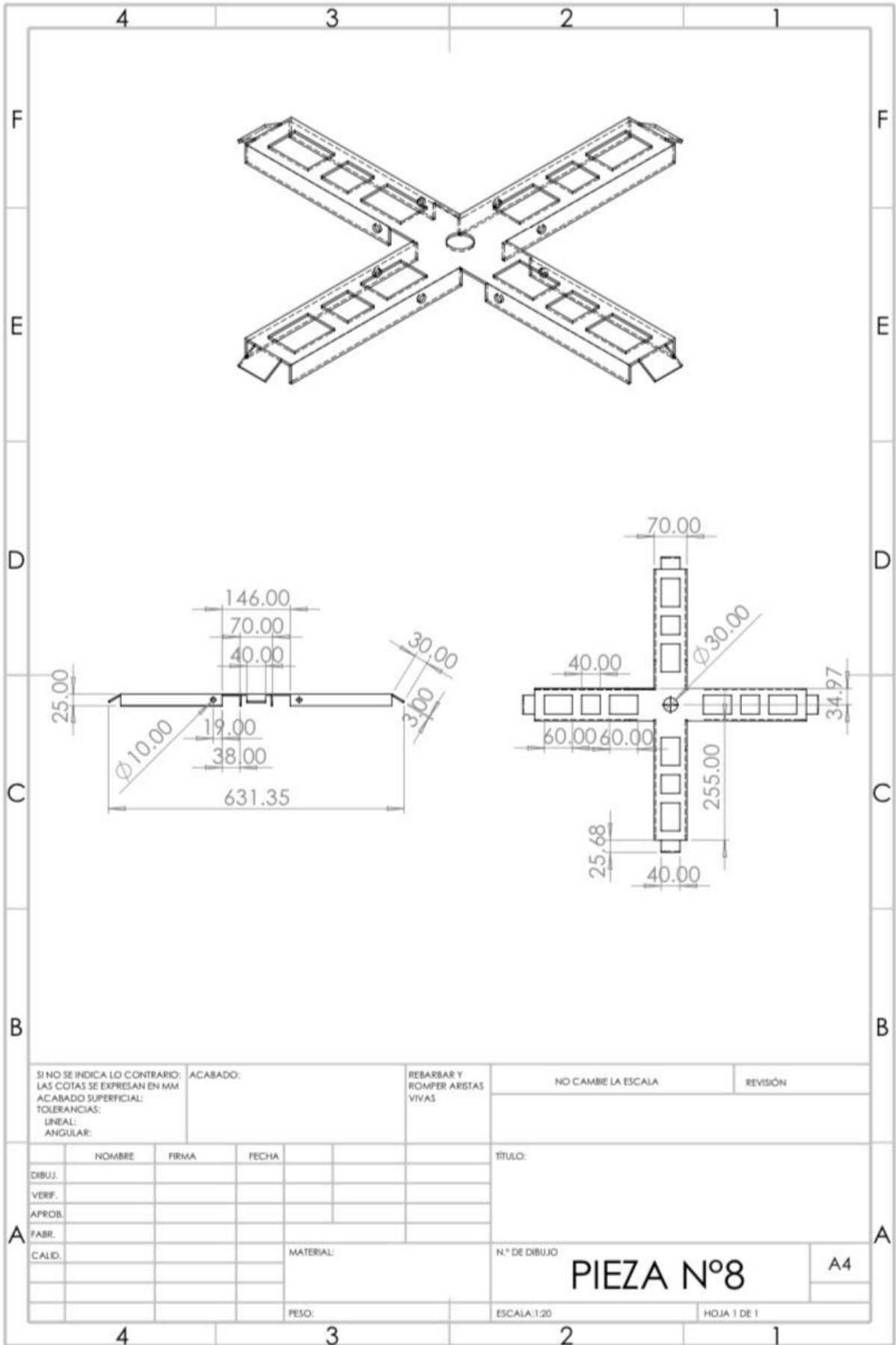
PIEZA N°6

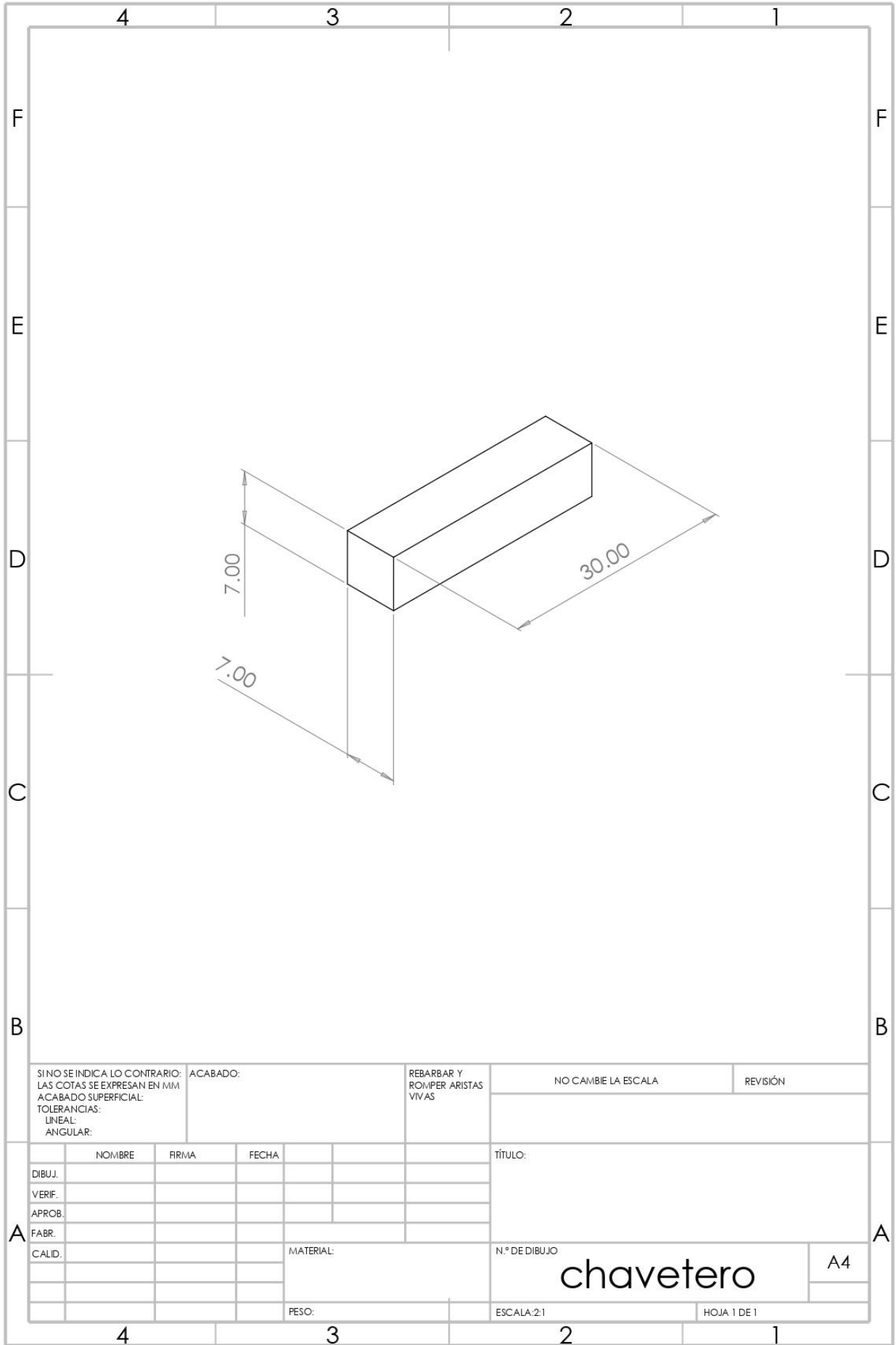
A4

ESCALA:1:1

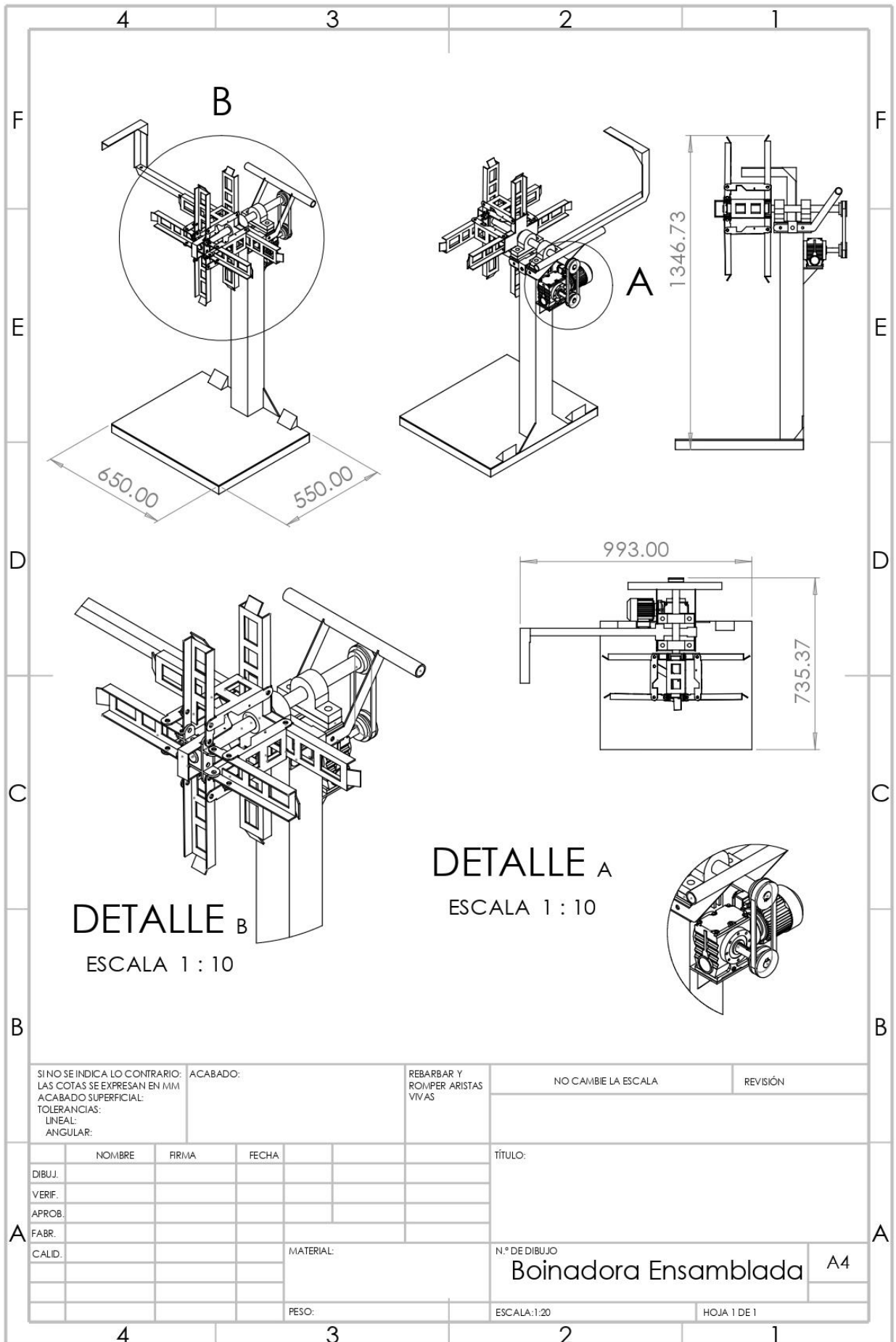
HOJA 1 DE 1

PESO:





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		FIRMA		FECHA		TÍTULO:			
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A4	
						chavetero			
				PESO:		ESCALA: 2:1		HOJA 1 DE 1	



DETALLE B
ESCALA 1 : 10

DETALLE A
ESCALA 1 : 10

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE		FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
DIBUJ.				N.º DE DIBUJO Boinadora Ensamblada A4	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.			MATERIAL:		
PESO:			ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MIREZ TARRILLO JORGE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA BOBINADORA ELÉCTRICA PARA MINIMIZAR EL TIEMPO DE DESPACHO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS, EN LA EMPRESA ELÉCTRICOS DEL NORTE S.A.C.", cuyos autores son ALTAMIRANO VILLANUEVA BRAIN EDUARDO, ASMAT RIOJAS LUIS FRANCISCO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 27 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MIREZ TARRILLO JORGE LUIS DNI: 27423478 ORCID: 0000-0002-5614-5853	Firmado electrónicamente por: JMIREZTA el 27-12- 2023 22:30:27

Código documento Trilce: TRI - 0710557