



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Diseño de una máquina perforadora
multipropósito para mejorar la actividad agrícola
en el CC. PP Cerro La Vieja – Motupe**

Presentado Por:

Bach. Danner Jamil Julca Leon

Asesor:

M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Diseño de una máquina perforadora
multipropósito para mejorar la actividad agrícola
en el CC. PP Cerro La Vieja – Motupe**

Presentado Por:

Bach. Danner Jamil Julca Leon

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro
SECRETARIO: M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera
VOCAL: M.Sc. Ing. Héctor Antonio Oviden Núñez
ASESOR: M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra

Lambayeque – Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y ELÉCTRICA



TESIS

TÍTULO

“Diseño de una máquina perforadora multipropósito para mejorar la actividad agrícola en el CC. PP Cerro La Vieja - Motupe”

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.


CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

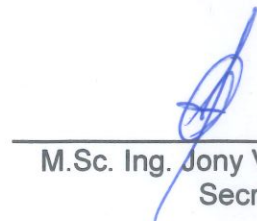
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

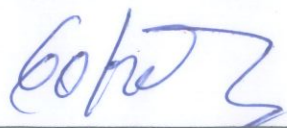
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

AUTOR: Bach. Danner Jamil Julca Leon


Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro
Presidente


M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera
Secretario


M.Sc. Ing. Héctor Antonio Oviden Núñez
Vocal


M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra
Asesor

Lambayeque – Perú

2026



ACTA DE SUSTENTACION N°0151-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 a.m. del día miércoles 15 de abril 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°054-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 08 de abril 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- | | |
|---|------------|
| ▪ Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO | PRESIDENTE |
| ▪ M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA | SECRETARIO |
| ▪ M.Sc. Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ | MIEMBRO |
| ▪ M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA | ASESOR |

Se recibió la Tesis titulada:

“DISEÑO DE UNA MAQUINA PERFORADORA MULTIPROPOSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRICOLA EN EL CC. PP CERRO LA VIEJA – MOTUPE”.

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **JULCA LEON DANNER JAMIL.**

Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (/6) en la escala vigesimal, mención BUENO. Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.


Siendo las **11:00 am** del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando presente acta el jurado respectivo:



Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
PRESIDENTE



M.Sc. Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ
MIEMBRO



M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
SECRETARIO



M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA
ASESOR


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Dr. Ing. AMADO AGUIRRE PAZ
Decanato

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Lambayeque, 25 de marzo del 2026

Señor

Dr. OSCAR MENDEZ CRUZ

JEFE DE LA OFICINA DE INVESTIGACION – FIME

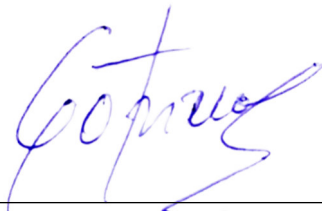
ASUNTO: CONFORMIDAD DE ELABORACIÓN DE TESIS

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo cordialmente y hacer de su conocimiento que, a la fecha, quien suscribe la presente es **ASESOR** de la tesis elaborada por el Bach. **Julca Leon Danner Jamil**, titulada: **“DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC. PP CERRO LA VIEJA – MOTUPE”**.

En ese sentido, después de haber revisado dicha tesis y después de someterlo a revisión en el software Turnitin, este arroja 13% de duplicidad (menor de 20%), por lo tanto, procedo a dar la **CONFORMIDAD**, quedando el Sr. Julca Leon Danner Jamil, **APTO** para la sustentación respectiva, en la hora y fecha que su despacho tenga a bien designar.

Agradecido por su atención al presente, me despido de Ud.

Atentamente:



M.Sc. Ing. Cotrina Saavedra Carlos Javier

DNI:16759264

Asesor

Adjunto

- Recibo digital de Turnitin en formato de pdf.
- Se adjunta el reporte digital de Turnitin en formato pdf. (Resumen general del porcentaje de similitud)

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

1%

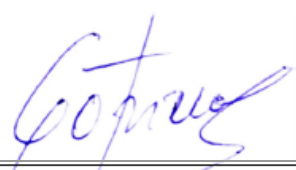
PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe	Fuente de Internet	3%
2	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante	2%
4	hdl.handle.net	Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad TecMilenio	Trabajo del estudiante	1%
7	idoc.pub	Fuente de Internet	<1%
8	www.scribd.com	Fuente de Internet	<1%
9	tesis.usat.edu.pe		


M.Sc. Ing. Cotrina Saavedra Carlos Javier
DNI: 16759264
Asesor

Fuente de Internet

<1 %

10

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

11

repositorio.upse.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

12

grupseldadesoresempresariales.com

Fuente de Internet

<1 %

13

Alexia Cindy Wagner, Larissa Sasso, Carlos Alberto Simões Pires Wayhs, Fernanda Jaskulski, Thalia Klein da Silva. "Colunas de Compactação como Alternativa de Melhoramento de Solo Residual Para Uso de Fundações Superficiais", Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2020

Publicación

<1 %

14

Submitted to Universidad Mariano Gálvez de Guatemala

Trabajo del estudiante

<1 %

15

pure.uva.nl

Fuente de Internet

<1 %

16

mng-unix1.marasconewton.com

Fuente de Internet

<1 %

17

www.chileconverge.cl

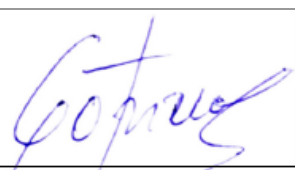
Fuente de Internet

M.Sc. Ing. Cotrina Saavedra Carlos Javier
DNI: 16759264
Asesor

<1 %

18	editorial.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
19	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
20	http://192.91.247.23/wto/spanish/tratop_s/tp_r_s/tp067 Fuente de Internet	<1 %
21	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
22	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Desarrollo Educativo S.A. Instituto Toulouse Lautrec Trabajo del estudiante	<1 %
24	Submitted to Universidad de Cartagena Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
26	revistas.uis.edu.co Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Dewey University Trabajo del estudiante	<1 %
28	documentos.uru.edu Fuente de Internet	<1 %

Submitted to uncedu


M.Sc. Ing. Cotrina Saavedra Carlos Javier
DNI: 16759264
Asesor

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



M.Sc. Ing. Cotrina Saavedra Carlos Javier

DNI: 16759264

Asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Danner Jamil Julca Leon
Título del ejercicio: REVISION DE TESIS
Título de la entrega: DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC. PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE
Nombre del archivo: TESIS_DANNER_JULCA_-_15.04.26.pdf
Tamaño del archivo: 11.28M
Total páginas: 232
Total de palabras: 38,426
Total de caracteres: 203,784
Fecha de entrega: 21-abr-2026 08:02p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2774410429



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

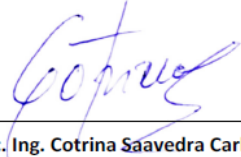
Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Diseño de una máquina perforadora
multipropósito para mejorar la actividad agrícola
en el CC. PP Cerro La Vieja - Motupe

Presentado Por:
Bach. Danner Jamil Julca Leon

Asesor:
M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra

LAMBAYEQUE - PERÚ
2026



M.Sc. Ing. Cotrina Saavedra Carlos Javier
DNI: 16759264
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía en este camino llamado vida, a mi madre Elisabeth Leon que siempre confió en mi persona y me mostro que, aunque las cosas no salgan como uno las planea lo importante es nunca desistir; a mi papá político Cesar Márquez quien me brindo su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a Dios por la vida, la salud y por acompañarme en cada paso que he dado. Agradecerles a mis padres que siempre estuvieron dándome su apoyo y fueron parte de este logro. Agradecerle también al M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra por su asesoría y apoyo brindado en este proyecto de investigación.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue diseñar una máquina perforadora multipropósito para mejorar la actividad agrícola en el CC.PP. Cerro La Vieja ubicado en el distrito de Motupe. Se trató de una investigación aplicada, enfoque cuantitativo y diseño no experimental. La muestra considerada fue el terreno o muestra de suelo, de donde se extrajo su capacidad portante para diseñar la máquina perforadora. La actividad agrícola se realiza en condiciones de escasa disponibilidad hídrica, dependiendo del agua subterránea, con una producción diversificada impulsada por pequeños agricultores y agroindustrias. Para el diseño mecánico de la máquina se definieron parámetros como el uso de un motor de combustión interna, velocidad de barrenas entre 200–250 rpm, capacidad portante del suelo de 0,91 kg/cm² y brocas de acero 4340 con diámetros de 10 a 25 cm para perforaciones de hasta 0,50 m de profundidad. En cuanto al sistema electromecánico, se seleccionó un motor Otto de 9,00 HP, engranajes rectos, eje cardan y aceros estructurales, verificándose mediante análisis CAD/CAE que los esfuerzos están por debajo del límite elástico y con factores de seguridad mayores a 2,50. Finalmente, el análisis económico mostró alta rentabilidad con un costo inicial de S/9,398.73 el cual incluye los intereses generados producto del financiamiento de la deuda ante la entidad bancaria para la construcción de la maquina perforadora, un ahorro anual significativo y una TIR del 117,20%, con recuperación de la inversión en solo 0,85 años.

Palabras clave: Diseño mecánico, máquina perforadora, rentabilidad, esfuerzos.

ABSTRACT

The objective of this study was to design a multipurpose drilling machine to improve agricultural activity in the Cerro La Vieja Community, located in the district of Motupe. This was an applied research project with a quantitative approach and a non-experimental design. The sample considered was the soil itself, from which its bearing capacity was extracted to design the drilling machine. Agricultural activity is carried out under conditions of scarce water availability, depending on groundwater, with diversified production driven by small farmers and agro-industries. For the machine's design, parameters were defined such as the use of an internal combustion engine, auger speed between 200–250 rpm, a soil bearing capacity of 0.91 kg/cm², and 4340 steel drill bits with diameters of 10 to 25 cm for drilling to a depth of up to 0.50 m. Regarding the electromechanical system, a 9.00 HP Otto engine, spur gears, a cardan shaft, and structural steels were selected. CAD/CAE analysis verified that the stresses are below the elastic limit and with safety factors greater than 2.50. Finally, the economic analysis showed high profitability with an initial cost of S/9,398.73, which includes the interest generated from financing the debt with the bank for the construction of the drilling machine, a significant annual rate and a TIR of 117.20%, with investment recovery in only 0.85 years.

Keywords: Mechanical design, perforating machine, profitability, efficiency.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN	17
Capítulo I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1. Realidad problemática.....	18
1.2. Formulación del problema.....	21
1.3. Delimitación de la investigación	22
1.4. Justificación e importancia	22
1.4.1. Justificación económica.....	22
1.4.2. Justificación Científica	22
1.4.3. Justificación Ambiental	23
1.4.4. Justificación Social	23
1.5. Limitaciones	23
1.6. Objetivos	23
1.6.1. Objetivo General.....	23
1.6.2. Objetivos Específicos	23
Capítulo II : MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes de estudio.....	25

2.2. Base Teórica	30
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada	36
Capítulo III : MARCO METODOLÓGICO	38
3.1. Tipo y diseño de investigación	38
3.2. Población y muestra.....	38
3.3. Hipótesis	38
3.4. Variables – Operacionalización.....	39
3.5. Métodos y técnicas de investigación.....	41
3.5.1. Métodos de investigación	41
3.5.2. Técnicas de investigación.....	41
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados.....	41
3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos	41
Capítulo IV : PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	43
Capítulo V : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	45
5.1. Resultados	45
5.1.1. Descripción de la situación actual de la actividad agrícola en el cc.pp. Cerro La Vieja ubicado en Motupe	45
5.1.2. Parámetros relevantes para el diseño de la máquina perforadora multipropósito	49
5.1.3. Dimensionamiento y selección del equipamiento electromecánico mediante una matriz morfológica para validarlo por software CAD/CAE.....	51
Engranajes para cambio de dirección del eje de salida	57
Selección del motor	57
Sistema para transmisión de torque	61
Cálculo del eje	81
Selección de rodamientos para transmisión	94

Cálculo del eje para barrenos o brocas	98
Dimensionamiento de eje para cardan	103
Modelado y simulación estática de piezas para máquina perforadora	106
5.1.4. Análisis económico de rentabilidad para la propuesta de diseño ...	156
5.2. Discusión de resultados	167
Capítulo VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	169
6.1. Conclusiones.....	169
6.2. Recomendaciones.....	171
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	172
ANEXOS	177

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de Operacionalización de variables.....	40
Tabla 2 Profundidad y diámetro de los hoyos por tipo cultivo y para posteo (sistema de conducción y posteo para cerco perimétrico).....	47
Tabla 3 Cantidad de jornales necesarios para ahoyar 1 hectárea, según cultivo	48
Tabla 4 Ratios considerados para la matriz de ponderada.....	52
Tabla 5 Criterios para evaluar matriz ponderada	52
Tabla 6 Tipos de fuente de alimentación para perforadora multipropósito	53
Tabla 7 Matriz ponderada para seleccionar la fuente para alimentación adecuada	53
Tabla 8 Opciones de distintos materiales para la estructura de transporte	54
Tabla 9 Matriz de ponderación para material empleado para estructura de transporte	54
Tabla 10 Diferentes alternativas consideradas para seleccionar los rodamientos	55
Tabla 11 Matriz ponderada para seleccionar los rodamientos.....	55
Tabla 12 Opciones para seleccionar adecuadamente los engranajes para reducir velocidad	56
Tabla 13 Matriz de ponderación para selección de engranajes.....	56
Tabla 14 Matriz de ponderación para selección de engranajes para cambio de orientación.....	57
Tabla 15 Factores de sobrecarga sugeridos K_{sob}	61
Tabla 16 Pasos diametrales normalizados (dientes /pulg).....	62
Tabla 17 Cantidad de dientes y velocidades en cada etapa.....	63
Tabla 18 Factor para seleccionar el coeficiente elástico.....	66
Tabla 19 Números de calidad AGMA recomendados	67
Tabla 20 Factor de tamaño sugerido	71
Tabla 21 Factor de confiabilidad	72

Tabla 22 Parámetros para el acabado superficial.....	88
Tabla 23 Parámetros de acuerdo a la temperatura que trabaja el eje	90
Tabla 24 Parámetros para estimar la confiabilidad	90
Tabla 25 Tamaños para la cuña en relación al diámetro del eje.....	92
Tabla 26 Resumen de las cuñas cuadradas a emplear para los ejes del sistema de transmisión	94
Tabla 27 Resumen de información de los rodamientos seleccionados para la transmisión	98
Tabla 28 Resumen de datos obtenidos para dimensionamiento de brocas/barrenos	103
Tabla 29 Lista de materiales para máquina perforadora multipropósito	156
Tabla 30 Resumen de costos para mano de obra, transporte y pruebas	157
Tabla 31 Resumen de costos para mano de obra, transporte y pruebas	157
Tabla 32 Tiempo de ahoyado y cantidad de hoyos por día utilizando la maquina perforadora multipropósito.....	159
Tabla 33 Cantidad de jornales necesarios para ahoyar 1 hectárea, según cultivo método manual vs. Maquina perforadora multipropósito.....	161
Tabla 34 Ahorro generado por hectarea al hacer uso e la maquina perforadora multiproposito.....	162
Tabla 35 Resumen de análisis de rentabilidad para máquina perforadora multipropósito considerando una tasa de descuento (i) de 10% anual	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Maquina perforadora	31
Figura 2 Ejemplos de análisis de la estática y dinámica.....	32
Figura 3 Esfuerzo cortante	33
Figura 4 Ubicación del centro poblado Cerro La Vieja en el distrito de Motupe ..	45
Figura 5 Ahoyado para el trasplanté de mango y palta a terreno definitivo.....	47
Figura 6 valor del jornal agrícola/día, tractor /hora, yunta/día.....	49
Figura 7 Sistema de transmisión indicando los elementos por etapa, tanto piñones, engranajes y ejes	64
Figura 8 Curvas para determinar el factor dinámico.....	68
Figura 9 Factor de geometría	69
Figura 10 Factor de geometría para piñones rectos externos	69
Figura 11 Factor de proporción	70
Figura 12 Factor de alineamiento del engranado	70
Figura 13 Factor de espesor de borde	71
Figura 14 Factor de resistencia flexionante por ciclos de esfuerzo	74
Figura 15 Factor de resistencia a la picadura por ciclos de esfuerzo.....	75
Figura 16 Esfuerzo de contacto admisible (Número Brinell).....	78
Figura 17 Características del material acero AISI 4140	79
Figura 18 Fuerzas actuantes debido al piñón en eje de transmisión.....	82
Figura 19 Esquemas de fuerza cortante y momento flector en el eje XZ para el eje	83
Figura 20 Esquemas de fuerza cortante y momento flector en el eje XY para el eje	84
Figura 21 Parámetros para determinar la resistencia a la fatiga	88
Figura 22 Fórmulas para estimar el parámetro de tamaño para ejes.....	89

Figura 23 Factores para factor de carga dependiendo del tipo de carga	89
Figura 24 Esquemas de carga cortante y momento flexionante para eje de broca (D=0.25 m)	102
Figura 25 Esfuerzos generados de la simulación estática para el piñón de 18 dientes rectos	107
Figura 26 Desplazamientos generados de la simulación estática para el piñón de 18 dientes rectos	108
Figura 27 Factores de seguridad generados de la simulación estática para el piñón de 18 dientes rectos	109
Figura 28 Esfuerzos generados de la simulación estática para el engrane de 47 dientes rectos	111
Figura 29 Desplazamientos generados de la simulación estática para el engrane de 47 dientes rectos	112
Figura 30 Factores de seguridad generados de la simulación estática para el engrane de 47 dientes rectos	113
Figura 31 Esfuerzos generados de la simulación estática para el piñón cónico de 18 dientes rectos	115
Figura 32 Desplazamientos generados de la simulación estática para el piñón cónico de 18 dientes rectos	116
Figura 33 Factores de seguridad generados de la simulación estática para el piñón cónico de 18 dientes rectos	117
Figura 34 Esfuerzos generados de la simulación estática para el engrane cónico de 47 dientes rectos	119
Figura 35 Desplazamientos generados de la simulación estática para el engrane cónico de 47 dientes rectos	120
Figura 36 Factores de seguridad generados de la simulación estática para el engrane cónico de 47 dientes rectos	121
Figura 37 Esfuerzos generados de la simulación estática para el eje de cardan	123

Figura 38 Desplazamientos generados de la simulación estática para el eje del cardan	124
Figura 39 Factores de seguridad generados de la simulación estática para el eje del cardan.....	125
Figura 40 Esfuerzos generados de la simulación estática para la estructura de transporte	127
Figura 41 Desplazamientos generados de la simulación estática para la estructura de transporte	128
Figura 42 Factores de seguridad generados de la simulación estática para la estructura de transporte	129
Figura 43 Esfuerzos generados de la simulación estática para la broca de 10 cm de diámetro	131
Figura 44 Desplazamientos generados de la simulación estática para la broca de 10 cm de diámetro.....	132
Figura 45 Factores de seguridad generados de la simulación estática para la broca de 10 cm de diámetro.....	133
Figura 46 Esfuerzos generados de la simulación estática para la broca de 15 cm de diámetro	135
Figura 47 Desplazamientos generados de la simulación estática para la broca de 15 cm de diámetro.....	136
Figura 48 Factores de seguridad generados de la simulación estática para la broca de 15 cm de diámetro.....	137
Figura 49 Esfuerzos generados de la simulación estática para la broca de 20 cm de diámetro	139
Figura 50 Desplazamientos generados de la simulación estática para la broca de 20 cm de diámetro.....	140
Figura 51 Factores de seguridad generados de la simulación estática para la broca de 20 cm de diámetro.....	141

Figura 52 Esfuerzos generados de la simulación estática para la broca de 25 cm de diámetro	143
Figura 53 Desplazamientos generados de la simulación estática para la broca de 25 cm de diámetro.....	144
Figura 54 Factores de seguridad generados de la simulación estática para la broca de 25 cm de diámetro.....	145
Figura 55 Vista frontal, izquierda, superior e isométrica para la broca de 10 cm de diámetro	147
Figura 56 Vista frontal, izquierda, superior e isométrica para la broca de 15 cm de diámetro	148
Figura 57 Vista frontal, izquierda, superior e isométrica para la broca de 20 cm de diámetro	149
Figura 58 Vista frontal, izquierda, superior e isométrica para la broca de 25 cm de diámetro	150
Figura 59 Vista frontal de las brocas de 10 cm, 15 cm, 20 cm y 25 cm.....	151
Figura 60 Vista frontal, izquierda, superior e isométrica para el ensamblaje del sistema de transmisión de dientes rectos y cónicos rectos.....	153
Figura 61 Representación de las vistas frontal, izquierda, superior e isométrica del ensamblaje de la máquina perforadora multipropósito.....	154
Figura 62 Representación isométrica del ensamblaje de todos los componentes de la máquina perforadora multipropósito	155
Figura 63 Resultado de tiempos de perforación obtenidos en pruebas realizadas en suelo cangagua.....	158
Figura 64 Representación gráfica de la diferencia de días entre hacer uso de la maquina perforadora y el método tradicional de ahoyado.....	162

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tuvo como propósito principal diseñar una máquina perforadora multipropósito para contribuir a la mejora de la actividad agrícola en el centro poblado Cerro La Vieja, situado en el distrito de Motupe. Esta iniciativa surgió como respuesta a la necesidad de optimizar las labores agrícolas, que históricamente dependieron de métodos manuales y rudimentarios, generando baja productividad y altos niveles de esfuerzo físico en los agricultores locales.

En primer lugar, se describió la situación actual de la actividad agrícola en la zona de estudio, permitiendo identificar limitaciones técnicas y económicas que afectan directamente a la producción y al rendimiento de los cultivos.

Posteriormente, se determinaron los parámetros fundamentales para el diseño de la máquina, considerando las características del suelo, los tipos de cultivos y las condiciones ambientales predominantes. Con base en estos datos, se procedió a dimensionar y seleccionar los componentes electromecánicos y estructurales más adecuados, utilizando para ello una matriz morfológica que facilitó la comparación de alternativas viables. Además, se validó el diseño mediante herramientas de software CAD/CAE, garantizando así la precisión técnica y funcional de la propuesta. Por otro lado, se efectuó un análisis económico para evaluar la rentabilidad del proyecto, justificando la inversión requerida y demostrando su viabilidad financiera a corto y mediano plazo.

Esta investigación se sustentó en criterios económicos, científicos, sociales y ambientales, destacando la importancia de la mecanización para reducir costos operativos, minimizar el impacto ambiental y elevar la calidad de vida de los agricultores. Asimismo, se promovió la innovación tecnológica adaptada a la realidad rural, fomentando la sostenibilidad y el desarrollo integral de la comunidad.

De esta forma, el diseño de esta máquina buscó convertirse en una alternativa práctica y accesible que impulsará el progreso de la agricultura local y fortalecerá la economía del centro poblado Cerro La Vieja.

CAPÍTULO I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad problemática

Considerando al análisis de Lopez et al. (2020), uno de los desafíos importantes en zonas rurales es el uso de métodos agrícolas tradicionales que generan limitaciones en el rendimiento del sector, aunque dichos métodos se encuentran arraigados en la cultura de los productores, los especialistas mencionan que su uso prolongado impide que se alcancen niveles óptimos en la productividad y que además dificulta que se implementen soluciones tecnológicas, donde la falta de mecanización, la poca planificación y la baja recopilación de datos generan obstáculos al momento de la toma de decisiones eficientes, provocando una producción baja e ingresos bajos en el sector agrícola. Considerando el aspecto teórico, la transformación agrícola en Argentina ha sido usada como un caso para poder explicar cómo los métodos tradicionales, si es que no se modernizan, acarrearán desequilibrios estructurales en el sistema productivo, donde Trucco et al. (2018) sostuvieron que el arraigo de prácticas heredadas, en ausencia de políticas técnicas modernas, perpetúa un modelo de baja escala, baja eficiencia además de una débil incorporación de innovación, dicha situación se analizó considerando el cruce entre instituciones y estructura socioproductiva, pone en evidencia que mantener métodos sin intervención tecnológica puede limitar significativamente la evolución del agro. Los datos estadísticos también reflejan el problema, donde un estudio aplicado a pequeños productores de café en Ecuador, se observó que el 53,3% trabaja fincas de apenas 1 a 5 hectáreas utilizando métodos tradicionales, lo que se traduce en que el 63% de ellos produce menos de 1 200 kg anuales, lo cual no solo refleja una baja productividad, sino que también evidencia ingresos limitados que dificultan la inversión en tecnologías mecánicas, demostrando que la dependencia de técnicas manuales y no tecnificadas constituyen una barrera directa al desarrollo económico del sector (Castro & Barrezueta, 2020). Además, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2025) señala que el 88% de los productores agrarios pertenecen a la agricultura familiar de subsistencia, lo que resalta la necesidad de implementar tecnologías apropiadas para mejorar

su eficiencia y reducir la pobreza.

En España, el uso extendido de métodos agrícolas tradicionales se ha identificado como un obstáculo para el relevo generacional en el campo, donde la baja rentabilidad de dichas prácticas y su dependencia de subsidios han generado que la juventud perciba a la agricultura como un sector poco atractivo, lo cual ha provocado una estructura productiva estancada, con un bajo nivel de innovación y una competitividad escasa, pudiendo perpetuar una eficiencia baja en el sector agrícola tradicional (Castillo-Quero & Guerrero-Baena, 2019).

En Perú, el 80 % de la agricultura del país es representada por unidades familiares pequeñas, con menos de cinco hectáreas, que se dedican mayormente a una agricultura de subsistencia con bajos insumos y limitada mecanización. Aunque el crecimiento de la productividad total de los factores ha sido robusto a nivel macro (entre 2% y 3% anual), dicha expansión no ha sido homogénea, porque persisten extensas zonas rurales con sistemas estáticos, mal integrados en los mercados, de baja producción y con ingresos insuficientes para garantizar condiciones de vida dignas para los agricultores familiares (FAO, 2023).

En Lambayeque, existe una marcada brecha entre productores que adoptan tecnologías innovadoras y aquellos que siguen usando métodos tradicionales, donde un análisis bibliométrico indicó que muchos agricultores aún no acceden a maquinaria, insumos modernos ni asistencia técnica, generando perpetuación de baja eficiencia, rendimiento limitado e ingresos reducidos (Zapata et al., 2023).

El centro poblado Cerro La Vieja, ubicado en el distrito de Motupe, región Lambayeque, es una comunidad rural caracterizada por una infraestructura básica y limitada. Sus caminos son mayormente de tierra y presentan dificultades durante épocas de lluvias, lo que complica el acceso y transporte de productos agrícolas. La zona cuenta con servicios esenciales como energía eléctrica y acceso restringido al agua potable, aunque carece de sistemas tecnológicos avanzados para la actividad agrícola. Su economía gira

principalmente en torno a la agricultura de subsistencia, donde las herramientas utilizadas son en su mayoría manuales o rudimentarias, lo que refleja una necesidad urgente de modernización y mejora en el equipamiento agrícola.

En el CC. PP cerro la vieja, ubicado en la costa norte del Perú, la agricultura de mango y palta de exportación está en manos de pequeños agricultores, donde la mayoría de ellos cultivan en tierras comunales. En el Cerro la vieja se cultiva también limón, maracuyá, papaya, plátano entre otros. Para llevar a cabo la siembra de estos cultivos es necesario una previa preparación del terreno, y una de las actividades que demanda mayores recursos en mano de obra es precisamente el ahoyado del terreno, esta actividad en la actualidad se realiza de manera manual haciendo uso de palas, barretas o barretones , donde el rendimiento en esta actividad es bajo y variable, puesto que depende de la dureza del suelo y el clima que juega un papel importante ya que la zona de Motupe se caracteriza por un clima muy caluroso el cual aumenta la fatiga y reduce notablemente el rendimiento del agricultor; esta actividad también es necesaria para la delimitación o instalación de cercos perimétricos de los terrenos. Los bajos rendimientos ocasionan que se eleven los costos de producción de los distintos tipos de cultivo y a raíz de todo esto es que muchos agricultores dejan sin cultivar sus parcelas, dejando de percibir las ganancias que le generarían el aprovechamiento de estas.

Entre los principales factores que originan el problema en el centro poblado Cerro La Vieja se encuentran la limitada mecanización agrícola, la falta de acceso a herramientas especializadas como perforadoras multipropósito y las restricciones económicas de los agricultores, que impiden la adquisición de maquinaria adecuada, además, sumado a ello se tiene a la escasa capacitación y el bajo nivel de asistencia técnica en el campo, lo que perpetúa prácticas tradicionales poco eficientes, por tanto, dichas condiciones afectan negativamente la productividad agrícola, incrementan el esfuerzo físico y reducen las oportunidades de desarrollo sostenible en la zona.

Si no se aborda la problemática relacionada con mejorar la actividad agrícola,

debido a que existe una baja eficiencia en las labores del campo por la falta de herramientas mecánicas que permitan reducir el tiempo y esfuerzo de muchas tareas que se realizan de forma manual, generando desgaste físico del agricultor, ya que un trabajo manual intensivo puede provocar agotamiento, limitando la capacidad productiva de los agricultores, específicamente en zonas rurales donde la tecnología a veces tarda en llegar. Estos factores, afectarían la seguridad alimentaria, ya que la producción agrícola estaría limitada, con una baja producción de los diferentes productos que se siembran y que se comercializan tanto en el territorio local y nacional, que además puede verse afectada las exportaciones a distintas partes del mundo.

Con relación a la variable diseño de una máquina perforadora multipropósito, hace referencia al proceso técnico y funcional de crear un equipo mecánico capaz de realizar diversas perforaciones en el suelo agrícola, como la instalación de cercos perimétricos, sembrado de los distintos tipos de cultivo y otras labores que requieran un ahoyado del terreno. Implica el desarrollo de una solución mecánica adaptable, eficiente y resistente, que responda a las condiciones geográficas y económicas de comunidades rurales como Cerro La Vieja. El diseño considera aspectos como ergonomía, materiales adecuados, facilidad de uso y mantenimiento, buscando optimizar el trabajo agrícola con menor esfuerzo físico y mayor precisión.

También, considerando a la variable mejorar la actividad agrícola, se relaciona con el incremento de la eficiencia, productividad y sostenibilidad de las labores agrícolas mediante el uso de mejores herramientas, técnicas o procesos. En el contexto rural, mejorar la actividad agrícola implica facilitar el trabajo del agricultor, reducir tiempos y costos, aumentar la calidad y cantidad de producción y generar mejores ingresos. También abarca la modernización del agro, fortaleciendo la seguridad alimentaria local y promoviendo el desarrollo rural más equitativo y competitivo.

1.2. Formulación del problema

¿Es factible mejorar la actividad agrícola en el centro poblado Cerro La Vieja

ubicado en Motupe mediante el diseño de una máquina perforadora multipropósito?

1.3. Delimitación de la investigación

El estudio se delimita al diseño de una máquina perforadora multipropósito con el fin de mejorar la actividad agrícola en el centro poblado Cerro La Vieja ubicado en Motupe, departamento de Lambayeque, abarcando el análisis de esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad al simularse mediante software CAD/CAE, además de realizar un análisis financiero calculando los indicadores más importantes para determinar su factibilidad.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación económica

Tiene su justificación económica ya que se busca optimizar los tiempos y costos en el trabajo de la agricultura al utilizar la mecanización, permitiendo a los agricultores aumentar su productividad, reduciendo la dependencia de mano de obra intensiva para así mejorar el aprovechamiento de los recursos, logrando contribuir a incrementar sus ingresos, dinamizar la economía local y así fomentar el desarrollo sostenible de la comunidad. Cabe indicar que no solo es para uso agrícola, sino que es multipropósito factible de ser utilizada en otros sectores, como la construcción puede emplearse también para la instalación de cercos perimétricos, entre otros.

1.4.2. Justificación Científica

La justificación científica del estudio radica en que se aplican principios de ingeniería mecánica y agronomía de modo que se logre desarrollar una tecnología adaptada a las condiciones del suelo además de los cultivos de la localidad, para promover prácticas agrícolas con más eficiencia y sostenibilidad, validando técnicamente la viabilidad del diseño propuesto, logrando generar nuevo conocimiento que puede replicarse o ser mejorado para resolver problemas similares en otras zonas rurales.

1.4.3. Justificación Ambiental

La justificación ambiental para el estudio tiene fundamento en que si se llega a implementar dicha tecnología permite realizar labores agrícolas de manera más eficiente, precisa y controlada, donde se minimiza la degradación del suelo, logrando optimizar el uso de los recursos naturales como nutrientes y agua, para así fomentar prácticas agrícolas con sostenibilidad en el tiempo conservando el entorno y reduciendo el impacto ambiental de las actividades productivas en la localidad. Esto en comparación con el uso de tractores el cual provoca la compactación del suelo, reduciendo la capacidad de retención de agua y el intercambio de gases, limitando el crecimiento de las raíces y disminuyendo la disponibilidad de los nutrientes

1.4.4. Justificación Social

La justificación social del estudio tiene su base en que dicha innovación facilita el trabajo de los agricultores y en otros sectores donde puede ser usada la perforadora multipropósito, mejorando las condiciones laborales al reducir el esfuerzo físico excesivo, promoviendo la inclusión de comunidades rurales sobre el uso de tecnologías apropiadas y fortaleciendo su organización y desarrollo comunitario, logrando contribuir a incrementar la calidad de vida y bienestar colectivo.

1.5. Limitaciones

No se encontraron limitaciones al desarrollar el presente estudio.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Diseñar una máquina perforadora multipropósito para mejorar la actividad agrícola en el CC.PP. Cerro La Vieja ubicado en Motupe.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Describir la situación actual de la actividad agrícola en el CC. PP. Cerro La Vieja ubicado en Motupe.
- b) Determinar los parámetros relevantes para el diseño de la máquina perforadora multipropósito.
- c) Dimensionar y seleccionar el equipamiento electromecánico además estructural mediante el uso de una matriz morfológica para el diseño propuesto y validarlo mediante el uso de software CAD/CAE.
- d) Efectuar un análisis económico de rentabilidad para la propuesta de diseño.

CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Contexto Internacional

En la India se desarrolló una investigación a cargo de Kukreja (2023), planteando el objetivo de diseñar y fabricar una máquina perforadora de suelos que fuera portátil y de bajo costo, utilizando un motor de gasolina en lugar de uno diésel para reducir peso y precio, facilitando así la plantación de árboles en actividades agrícolas. El tipo de investigación fue aplicada, con énfasis en el diseño y desarrollo de tecnología, que aunque no se menciona una muestra estadística formal, la máquina fue diseñada para ser utilizada por agricultores y organizaciones dedicadas a la reforestación. Para el diseño se utilizaron los softwares NX 12 y CATIA V5 R19, y los datos técnicos como funcionales fueron recolectados mediante la fabricación y prueba de un prototipo. De los resultados, se destacó que la máquina emplea un motor de gasolina de 52 cc que permite rotar una broca helicoidal, generando perforaciones de hasta 40 cm de profundidad con 15 cm de ancho, reduciendo el tiempo y esfuerzo humano de forma significativa. Concluyó que el equipo es eficiente, portátil, fácil de operar, que requiere menos mantenimiento y es más económico en comparación con los modelos existentes, representando de ese modo una mejora importante para el trabajo en la agricultura.

En Colombia se hizo efectivo un estudio que fue desarrollado por Ossa-Jiménez & Sánchez-Santos (2022), que diseñaron un implemento agrícola para tractor capaz de excavar hoyos de profundidad variable y en una sola operación, mezclar homogéneamente el suelo con fertilizantes, mejorar su porosidad y densidad, facilitar la penetración radicular, estandarizar condiciones de siembra y reducir costos además de tiempos de producción. El estudio fue de tipo aplicado, cuantitativo, cuasi experimental, de enfoque hipotético-deductivo y diseño transversal, centrado en la innovación de tecnología. Se emplearon métodos de ingeniería inversa y concurrente, CAD-CAE, impresión 3D, tecnologías CNC y análisis CFD para el desarrollo de prototipos físicos y virtuales. La muestra de estudio estuvo constituida por

diferentes modelos de brocas diseñadas y evaluadas a escala 1:5 en laboratorio y en campo. Los instrumentos incluyeron pruebas de mezclado con colorante en sustrato y análisis de turbulencia en fluidos. Como resultado, el modelo número 9 logró una dispersión del colorante del 80% en el sustrato, superando el requerimiento mínimo del 70%, y mostró el mejor comportamiento frente a adherencias en suelos húmedos. Se concluyó y destacó que no existen referentes internacionales de equipos que realicen simultáneamente siembra y fertilización en el establecimiento de cultivos perennes, por lo cual este desarrollo representa una innovación valiosa con potencial de replicabilidad en otros sectores agrícolas.

En la India se realizó una investigación que fue efectuada por Panda et al. (2022), planteando como objetivo general diseñar y fabricar una máquina agrícola multipropósito que realizara labores de perforación, siembra, cultivo y fumigación, adecuada para agricultores de pequeña escala con recursos económicos limitados. El tipo de investigación fue aplicada, enfoque de diseño y desarrollo de tecnología. No se menciona explícitamente una muestra estadística, ya que se centró en la construcción y prueba de un prototipo funcional, que para la recolección de datos se emplearon ensayos prácticos de funcionamiento de la máquina. Esta máquina incorpora un motor de gasolina de 24 cc para la perforación, un sistema de fumigación alimentado por una batería de 12 V y una bomba, mientras que las funciones de cultivo y siembra se realizan manualmente. Los resultados indicaron que el prototipo reduce de forma significativa la necesidad de mano de obra y el tiempo de trabajo respecto a los métodos tradicionales, siendo económicamente viable para su producción en masa. Concluyeron que este equipo tiene el potencial para satisfacer las necesidades básicas de los pequeños agricultores de la India, contribuyendo a resolver el problema de escasez de mano de obra y a mejorar la eficiencia agrícola en el territorio nacional.

Contexto Nacional

En la ciudad de Lima se efectuó un estudio que fue desarrollado por Pejerrey (2025), planteando como objetivo determinar cuál de los dos métodos

constructivos (el uso de la tuneladora TBM (Tunnel Boring Machine) o el método convencional de perforación y voladura) es más eficiente en términos de costo y tiempo para la construcción del túnel de 12,8 km de longitud. Se trató de una investigación de tipo descriptiva con enfoque cuantitativo no experimental. La muestra de estudio incluyó el análisis técnico del proyecto Majes Siguan II y otros antecedentes similares, utilizando como instrumentos matrices de consistencia, cronogramas de actividades y presupuestos estimados. Los resultados revelaron que el método TBM alcanzó una velocidad promedio de excavación de 21,97 metros por día con una duración estimada de 42 meses y un costo directo de 133 millones de dólares; mientras que el método convencional logró 3,8 metros por día, 45 meses de ejecución y 128 millones de dólares en costos directos. Las conclusiones indicaron que bajo las condiciones geológicas del trazado, el uso de la tuneladora TBM representa la mejor opción por su mayor rendimiento, menor tiempo de ejecución y ventajas en planificación y seguridad, lo cual puede ser una referencia clave para futuras obras similares.

En la ciudad de Huancayo se realizó un estudio a cargo de Aliaga (2022), teniendo como objetivo diseñar y prototipar una máquina cosechadora de ajo autopropulsada de una hilera para la variedad chino. Se empleó una investigación aplicada de tipo tecnológica con una metodología basada en la norma alemana VDI 2225, dividida en cuatro fases: comprensión del problema, análisis de soluciones, diseño del proyecto y construcción del prototipo. Para la recolección de datos se utilizaron técnicas como observación directa, entrevistas no estructuradas y toma fotográfica, pero no se menciona una muestra poblacional definida, ya que el estudio estuvo orientado al desarrollo de un dispositivo tecnológico. Los resultados mostraron que la máquina prototipada, impulsada por un motor estacionario de 5,50 HP, logró cosechar un promedio de 1894 ajos cada hora, equivalente a 200 kg/h, permitiendo reducir significativamente el esfuerzo físico del agricultor y el tiempo de cosecha. Se concluyó y destacó que el diseño fue eficaz, económico con un costo estimado de entre S/.3 500 y S/.4 200, y ergonómico, ofreciendo una alternativa viable para pequeños y medianos agricultores, con

beneficios directos en salud ocupacional, eficiencia productiva y reducción de costos.

En la provincia de San Marcos en Cajamarca se encontró una investigación que fue desarrollada por Rodríguez & Malca (2022), que plantearon como objetivo diseñar una máquina perforadora de bajo costo para mejorar el suministro de agua y el ambiente sanitario en zonas rurales afectadas por altos costos de alquiler de maquinaria. El estudio fue de tipo básica aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, longitudinal y exploratorio. La muestra consistió en 40 artículos y guías sobre diseño y funcionamiento de máquinas perforadoras seleccionadas por conveniencia, donde se emplearon como técnicas de recolección de datos la observación directa e indirecta, el análisis documental y entrevistas, utilizando instrumentos como fichas de observación, guías de análisis documental y registros en Microsoft Office. Los resultados mostraron que la máquina diseñada tiene un peso total de 1 072,49 kg, una potencia de motor de 16 HP, torque máximo de 26,5 Nm, y puede operar con empujes entre 184,64 y 377,28 kN y el costo total de fabricación fue de S/.9 269,50. Concluyeron y destacaron que el diseño propuesto es viable técnica y económicamente, ya que mejora el acceso al agua en comunidades rurales con una inversión significativamente menor en comparación con los alquileres tradicionales de maquinaria, contribuyendo así al desarrollo y calidad de vida de la población local.

En la ciudad de Trujillo se efectuó una investigación que fue desarrollada por Fernandez (2020), planteando el objetivo de diseñar y construir una perforadora electrohidráulica mediana para mejorar la productividad en labores de perforación en vetas angostas. Se empleó un tipo de investigación aplicada con diseño no experimental, utilizando una muestra de siete equipos de perforación de taladros largos, que para recolectar los datos se usaron técnicas como análisis documental, observación no experimental y experimental, con instrumentos como fichas de registro, guías de observación y simulaciones en SolidWorks. Los resultados mostraron que el equipo diseñado logró adaptarse a secciones reducidas de 2,5 m por 2,5 m, ofreciendo una productividad equivalente a equipos de mayor dimensión pero

con un costo de inversión de solo \$270 000 frente a los \$600 000 de un equipo estándar. La implementación del equipo permitió una reducción del sobre costo estimado en \$650 000 por cada 1 000 m de avance, y los indicadores económicos VAN, TIR y ROI confirmaron la rentabilidad del proyecto. Se concluyó que la incorporación de la perforadora mediana optimiza la eficiencia operativa, reduce costos, disminuye el impacto ambiental y genera oportunidades laborales, validando así el diseño como una solución viable para mejorar la productividad minera.

Contexto Local

En la ciudad de Lambayeque se efectuó un estudio a cargo de Regalado (2024), que planteó como objetivo diseñar una perforadora mecánica rotativa para la perforación de pozos tubulares en dicha región. El estudio fue de tipo aplicada correlacional, con un nivel descriptivo y un diseño no experimental. La muestra estuvo constituida por perforadoras existentes en la región, cuyos componentes y funcionamiento fueron observados y analizados para el diseño propuesto, utilizando como instrumentos de recolección de datos la guía de observación y entrevistas estructuradas, además del análisis documental. Los resultados mostraron que diseñar una perforadora mecánica capaz de alcanzar una profundidad de hasta 70 metros en suelos con resistencia a la compresión de 50 MPa, validando los cálculos teóricos mediante análisis por elementos finitos (FEM) con factores de seguridad mayores a 2,5, con un costo de fabricación de S/.41 089,00, lo cual representa una solución accesible y viable para zonas rurales. Se concluyó que el diseño propuesto, basado en componentes simples como reductores, poleas, fajas y bombas centrífugas, puede igualar el desempeño de tecnologías más costosas, demostrando que una perforadora mecánica correctamente diseñada es una alternativa eficiente, económica y factible para contextos de bajos recursos.

En la localidad de Chiclayo se desarrolló un estudio que fue efectuado por Cabanillas & Paima (2023), donde se planteó como objetivo diseñar conceptualmente una máquina perforadora básica de bajo costo que permita el acceso al agua subterránea en dicha localidad. El estudio se enmarcó

dentro del tipo de investigación aplicada, con un diseño no experimental y transversal, donde la muestra coincidió con la población, la cual estuvo conformada por los parámetros de funcionamiento de la máquina y se utilizó un muestreo no probabilístico, donde para la recolección de datos se emplearon técnicas como la revisión documentaria, a través de fichas bibliográficas y la observación. Los resultados lograron definir que el modelo de perforación sería del tipo taladrado, con herramientas como trépanos, tubos de perforación y motores de combustión interna de hasta 12,4 kW, determinando necesaria una fuerza mínima de empuje de hasta 15 390 kg para suelos muy duros y un rango de velocidad de rotación de entre 30 y 120 rpm, dependiendo del tipo de roca. El presupuesto incluyó tanto la etapa de construcción como la operativa, destacando un peso total estimado de la estructura de 1 100 kg. Finalmente, concluyeron que el diseño propuesto resulta técnica y económicamente viable, permitiendo una solución accesible y eficiente para las comunidades rurales con problemas de acceso al agua, contribuyendo también al desarrollo sostenible al reducir costos y emisiones respecto a máquinas industriales convencionales.

2.2. Base Teórica

Actividad agrícola

Se concibe como un conjunto de prácticas productivas que transforman los recursos naturales en bienes de consumo o materias primas, abarcando desde la preparación del terreno hasta la cosecha y comercialización de productos agrícolas, siendo fundamental para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico, especialmente en contextos rurales (Ortiz & Ortega, 2018).

Diseño de una máquina perforadora multipropósito

Se refiere al proceso de concebir y desarrollar un equipo capaz de realizar diversas tareas de perforación, como estudios geotécnicos, extracción de núcleos y perforación rotativa, integrando sistemas mecánicos, electrónicos e hidráulicos que optimicen su funcionalidad y eficiencia en diferentes contextos

de ingeniería, buscando adaptarse a múltiples condiciones operativas, reduciendo costos y mejorando la versatilidad del equipo (TMG Drilling Supplies, 2021).

Figura 1

Maquina perforadora



Nota: Obtenida de (Core Tech, 2025).

Estática

En consideración con Hibbeler (2016), se encarga de analizar el equilibrio de los cuerpos, esto es, aquellos que se encuentran en reposo o en movimiento con una velocidad constante. Para ello se emplean las ecuaciones de equilibrio:

$$\Sigma F = 0 \dots (Ec. 1)$$

$$\Sigma M_O = 0 \dots (Ec. 2)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad \Sigma F_y = 0 \quad \Sigma F_z = 0 \dots (Ec. 3)$$

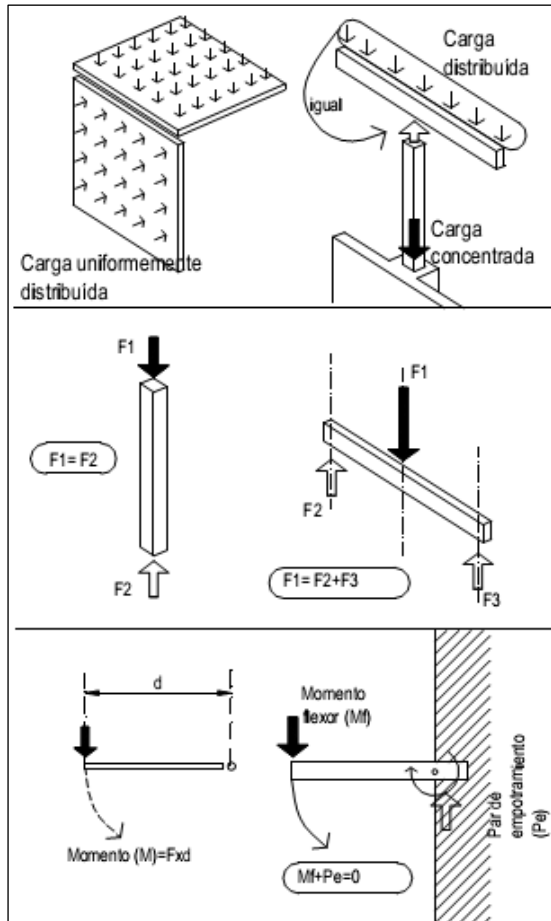
$$\Sigma M_x = 0 \quad \Sigma M_y = 0 \quad \Sigma M_z = 0 \dots (Ec. 4)$$

Dinámica

Encargada de estudiar el movimiento en los cuerpos originado por la aceleración (Hibbeler, 2016).

Figura 2

Ejemplos de análisis de la estática y dinámica



Nota: Obtenida de (Arkiplus, 2024).

Esfuerzo normal

Corresponde a la magnitud de la fuerza aplicada por unidad de área, que actúa perpendicularmente a dicha superficie (Hibbeler, 2006). Su cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_n = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_n}{\Delta A} \dots (Ec. 5)$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots (Ec. 6)$$

Donde:

σ : Esfuerzo perpendicular o normal (N/m²).

P : Fuerza normal o perpendicular actúa en el área (N).

A : Sección o área del elemento (m²).

Esfuerzo cortante

Este tipo de esfuerzo se origina cuando la fuerza aplicada actúa de manera paralela o tangente a la sección (Hibbeler, 2006). Se pueden obtener las componentes del mencionado esfuerzo mediante la aplicación de las ecuaciones:

$$\tau_{zx} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_x}{\Delta A} \dots (Ec. 7)$$

$$\tau_{zy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_y}{\Delta A} \dots (Ec. 8)$$

$$\tau_{prom} = \frac{V}{A} \dots (Ec. 9)$$

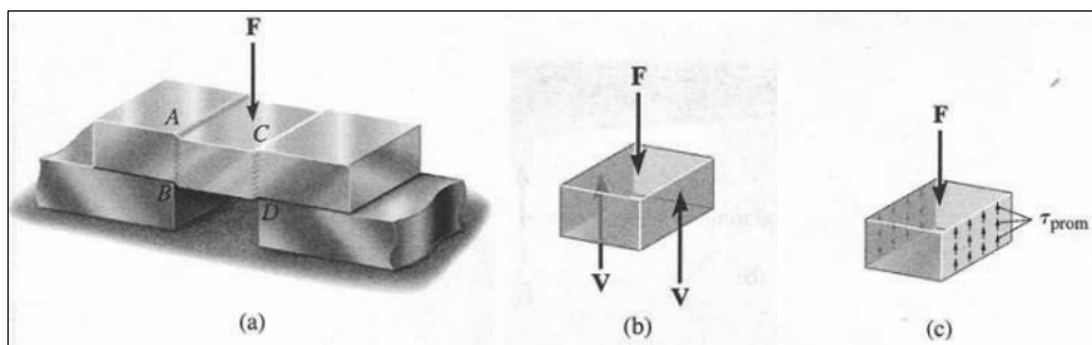
τ_{prom} : Esfuerzo cortante promedio (N/m²).

V : Fuerza tangente o paralela que se aplica a la sección (N).

A : Sección o área del componente (m²).

Figura 3

Esfuerzo cortante



Nota: Obtenida de (Hibbeler, 2006).

Factor de seguridad (FS)

Según Hibbeler (2006), todo ingeniero responsable del diseño de un componente mecánico o estructural debe aplicar un factor de seguridad para limitar el esfuerzo del material a un nivel que garantice su seguridad. Al realizar este procedimiento, se obtiene un valor denominado esfuerzo permisible, el cual puede determinarse matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{F_{falla}}{F_{permisible}} \dots (Ec. 10)$$

Rentabilidad

Se define como la capacidad de una empresa para generar beneficios en relación con los recursos utilizados en su actividad económica, lo que implica evaluar el rendimiento obtenido a partir de los activos empleados, permitiendo determinar la eficiencia con la que se transforman los recursos en ganancias, siendo un indicador clave para medir el desempeño financiero y la sostenibilidad de una organización o proyecto en el tiempo (Belloso-Araujo et al., 2021).

El Valor Actual Neto (VAN) es una herramienta financiera que permite evaluar la rentabilidad de una inversión al calcular la diferencia entre el valor presente de los flujos de caja futuros esperados y la inversión inicial. Si el VAN es positivo, indica que el proyecto genera ganancias por encima del costo de capital, siendo una opción viable; si es negativo, sugiere que la inversión no recupera su costo, y si es cero, implica que los ingresos esperados igualan exactamente la inversión realizada (Economipedia, 2025).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \dots (Ec. 11)$$

Donde:

F_t : flujo efectivo neto en el año t.

r : Tasa de descuento o tasa de interés necesaria.

n : La vida útil estimada del proyecto.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador financiero que representa la tasa de descuento que iguala el valor actual neto (VAN) de una inversión a cero. En otras palabras, es la tasa de rentabilidad que se espera obtener de un proyecto. Si la TIR es superior al costo de capital o tasa mínima aceptable de rendimiento, el proyecto se considera rentable; si es inferior, se desaconseja su ejecución (Fernández, 2025).

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} = 0 \dots (Ec. 12)$$

El Payback es un método sencillo que calcula el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial de un proyecto mediante los flujos de caja generados. Este indicador es útil para evaluar la liquidez y el riesgo de una inversión, ya que un período de recuperación más corto implica menor riesgo. Sin embargo, no considera el valor temporal del dinero ni los beneficios obtenidos después del período de recuperación (Extremadura Empresarial, 2023).

$$Payback = A_n + \frac{I_n}{F_n} \dots (Ec. 13)$$

Donde:

A_n : Años antes del último año completo.

I_n : Inversión restante al final del último año completo.

F_n : Flujo de efectivo del último año completo.

2.3. Definición conceptual de la terminología empleada

Agricultura

Actividad económica dedicada al cultivo de la tierra para producir alimentos y materias primas esenciales para la sociedad (Editorial Etecé, 2022).

Aprovechamiento

Uso eficiente y racional de los recursos disponibles para obtener el máximo beneficio económico, social o ambiental (Universidad Zaragoza, 2025).

Biomecánica

Rama de la ciencia que aplica principios mecánicos para diseñar herramientas y máquinas que se adapten a las capacidades humanas (Blanco, 2023).

Costo-beneficio

Relación entre la inversión realizada y las ventajas económicas o sociales que se obtienen como resultado de un proyecto (Duarte et al., 2007).

Desarrollo sostenible

Modelo de crecimiento que satisface las necesidades actuales sin comprometer los recursos para generaciones futuras (BBVA, 2025).

Diseño mecánico

Proceso de crear, planificar y calcular máquinas o dispositivos que cumplen funciones específicas de forma segura y eficiente (Hibbeler, 2016).

Eficiencia

Capacidad de lograr resultados óptimos con el menor uso posible de recursos, tiempo y esfuerzo (Mira, 2024).

Ergonomía

Disciplina que adapta herramientas y entornos de trabajo para proteger la

salud y el bienestar de los usuarios (Autoridad Nacional del Servicio Civil, 2025).

Innovación tecnológica

Introducción de nuevas herramientas, métodos o máquinas que mejoran procesos y resultados en cualquier actividad productiva (Tejada et al., 2019).

Mecanización agrícola

Incorporación de máquinas y equipos en las labores del campo para reducir el trabajo manual y aumentar la productividad (Pérez et al., 2017).

Multipropósito

Cualidad de un equipo o máquina que permite realizar varias tareas distintas con una sola herramienta (García, 2025).

Optimización

Acción de ajustar procesos o recursos para alcanzar la mejor versión posible de un sistema o actividad (Hidalgo-Pozzi et al., 2024).

Productividad

Medida del rendimiento obtenido en relación con los recursos utilizados en una actividad o proceso (Fontalvo et al., 2018).

Sostenibilidad ambiental

Principio que busca equilibrar la actividad productiva con la preservación de los ecosistemas y recursos naturales (Villanueva, 2023).

Viabilidad

Factibilidad técnica, económica y social de que un proyecto pueda llevarse a cabo con éxito (Belloso-Araujo et al., 2021).

CAPÍTULO III : MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación se consideró de tipo aplicada porque se aplicaron conocimientos teóricos de ingeniería mecánica, agronomía y gestión productiva para dar una respuesta de solución concreta a una problemática real que afecta directamente a los agricultores de la comunidad mencionada. Además, tuvo un enfoque cuantitativo porque requirió recolectar, analizar y procesar datos numéricos para describir la situación agrícola actual, estableciendo parámetros de diseño precisos, dimensionar los componentes técnicos además de evaluar la rentabilidad económica del proyecto. Asimismo, se consideró un diseño de investigación no experimental porque se centra en observar, describir y analizar la realidad existente de la actividad agrícola pero sin manipular de forma deliberada las variables involucradas, donde se recolectaron datos sobre las condiciones actuales, identificando necesidades técnicas y estableciendo especificaciones de diseño basadas en información real y del contexto, y de esta forma se estudió la problemática tal como se presentó en su entorno natural para desarrollar una propuesta técnica viable, sin alterar el contexto agrícola mientras se elabora el diseño y se valida mediante simulaciones y cálculos ingenieriles.

3.2. Población y muestra

La población estuvo conformada por los terrenos que conforman la zona agrícola del centro poblado Cerro La Vieja ubicado en Motupe, departamento de Lambayeque.

La muestra fue el terreno del cual se pudo identificar las características físicas predominantes del suelo, con la finalidad de obtener la capacidad portante o resistencia de este para el diseño de la máquina.

3.3. Hipótesis

Mediante el diseño de una máquina perforadora multipropósito se logra mejorar la actividad agrícola en el centro poblado Cerro La Vieja ubicado en

Motupe.

3.4. Variables – Operacionalización

Variable independiente: Diseño de una máquina perforadora multipropósito

La variable hace alusión al desarrollo y planificación de un equipo diseñado para ejecutar distintas funciones de perforación (como investigaciones geotécnicas, obtención de núcleos y perforación rotativa, entre otros), incorporando componentes mecánicos, hidráulicos y electrónicos que mejoren su rendimiento y adaptabilidad en diversos entornos de ingeniería, con el objetivo de disminuir gastos operativos y aumentar su multifuncionalidad (TMG Drilling Supplies, 2021).

Variable dependiente: Actividad agrícola

Se entiende como el desarrollo de acciones que convierten los recursos naturales en productos comestibles o materias primas, incluyendo labores como la preparación del suelo, cultivo, recolección y venta de productos, desempeñando un papel clave en la seguridad alimentaria y el crecimiento económico, en especial en zonas rurales (Ortiz & Ortega, 2018).

Tabla 1

Cuadro de Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Independiente Diseño de una máquina perforadora multipropósito	La variable hace alusión al desarrollo y planificación de un equipo diseñado para ejecutar distintas funciones de perforación (como investigaciones geotécnicas, obtención de núcleos y perforación rotativa, entre otros), incorporando componentes mecánicos, hidráulicos y electrónicos que mejoren su rendimiento y adaptabilidad en diversos entornos de ingeniería, con el objetivo de disminuir gastos operativos y aumentar su multifuncionalidad (TMG Drilling Supplies, 2021).	Mecanismo utilizado para realizar perforaciones de diámetros y profundidades variables para diferentes tipos de cultivos agrícolas y otras actividades que necesiten un previo ahoyado del terreno.	Parámetros para diseño	- Presión - Dureza del terreno - Longitud	De razón
			Costos de inversión	- Costo de equipos y materiales - Costo de mano de obra - Costo de transporte - Costos imprevistos - IGV	De razón
			Parámetros de rentabilidad	- Tasa de interés - Inflación - Tiempo de análisis del proyecto - Presupuesto inicial	De razón
Dependiente Actividad agrícola	Se entiende como el desarrollo de acciones que convierten los recursos naturales en productos comestibles o materias primas, incluyendo labores como la preparación del suelo, cultivo, recolección y venta de productos, desempeñando un papel clave en la seguridad alimentaria y el crecimiento económico, en especial en zonas rurales (Ortiz & Ortega, 2018).	Mejora del proceso de las actividades agrícolas que permiten disminuir los tiempos y aumentar el rendimiento en las actividades relacionadas a la perforación del terreno.	Indicadores de actividad agrícola	- Eficiencia - Rendimiento - Tiempo de producción - Capacidad de producción	De razón

Nota: Elaboración propia.

3.5. Métodos y técnicas de investigación

3.5.1. Métodos de investigación

El método de investigación empleado para el estudio fue de tipo descriptivo y proyectivo, ya que permitió recopilar información detallada sobre la situación actual de la actividad agrícola, analizar datos técnicos y económicos relevantes, para proyectar una solución práctica mediante el diseño de un equipo innovador, donde este método combinó la observación y el análisis de datos cuantitativos con la elaboración de un diseño conceptual validado por herramientas de simulación, facilitando así la formulación de una propuesta concreta y funcional orientada a resolver una necesidad específica de la comunidad agrícola.

3.5.2. Técnicas de investigación

Revisión documentaria

Dicha técnica permite la recolección de información para la obtención de datos y valores necesarios que permitan desarrollar la investigación, dichos datos o valores son recopilados de distintas investigaciones, fichas técnicas o informes que se vean involucrados con la temática a desarrollar y a sus objetivos planteados.

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Ficha de revisión documentaria

Va de la mano con la técnica de revisión documentaria, y permite ir ordenando toda la información recolectada para el desarrollo del estudio, con el fin de poder realizar un adecuado diseño de la máquina perforadora multipropósito.

3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos

Para el análisis estadístico e interpretación de los resultados, en primer lugar, se aplicó el instrumento de recolección de datos para obtener toda la información necesaria para luego poder continuar con los cálculos respectivos

al tener todos los parámetros de diseño completos, y una vez realizados los cálculos se procedió a seleccionar los elementos además de equipos necesarios para el diseño de la máquina perforadora multipropósito, que finalmente se validó mediante simulaciones utilizando un software CAD/CAE para obtener los esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad, además de obtener el presupuesto que conlleve su fabricación con sus indicadores de rentabilidad respectivos, de manera que se corrobore su factibilidad técnica y económica en el tiempo de vida útil estimado para la máquina propuesta.

CAPÍTULO IV : PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Se planteó una alternativa técnica para responder a la necesidad urgente de modernizar y optimizar las labores agrícolas en el centro poblado Cerro la Vieja. La iniciativa tuvo como finalidad principal diseñar una máquina perforadora multipropósito que facilite tareas como la perforación del suelo la cual es esencial para el sembrío de los distintos cultivos, contribuyendo a reducir el esfuerzo físico de los agricultores y a incrementar la productividad de sus cultivos, y no solo para labores agrícolas, sino también la instalación de cercos perimétricos, construcción, entre otros; que para alcanzar este objetivo, primero se describió la situación actual de la actividad agrícola, identificando las limitaciones tecnológicas, económicas y sociales que afectaron directamente la eficiencia del trabajo en el campo.

Posteriormente, se establecieron los parámetros esenciales para definir las especificaciones técnicas de la máquina, considerando factores como las características del terreno, el tipo de cultivos predominantes y la disponibilidad de recursos.

Con dicha información, se procedió a dimensionar y seleccionar los componentes estructurales y electromecánicos adecuados, utilizando una matriz morfológica para comparar alternativas y elegir las más viables. Además, se validó el diseño propuesto mediante herramientas de simulación CAD/CAE, lo que permitió prever el comportamiento de la máquina bajo condiciones reales de uso y garantizar su funcionalidad, ya que se obtuvieron los esfuerzos máximos, deformaciones máximas y factores de seguridad mínimos requeridos para un correcto diseño.

La máquina perforadora multipropósito propuesta se diseñó con base en una rigurosa metodología de selección de equipamiento electromecánico, empleando matrices morfológicas y de ponderación para determinar los componentes más adecuados según criterios técnicos, económicos y de rendimiento. Se seleccionó un motor Otto como fuente de alimentación por su rapidez de recarga, elevado torque y buen rendimiento general, resultando más favorable que el motor diésel. Para la estructura de transporte, se eligió acero A36 por su excelente relación costo-resistencia, bajo mantenimiento y larga vida útil. En el sistema de transmisión, los rodamientos rígidos de bolas fueron los más adecuados por su

capacidad para soportar cargas axiales y radiales con alta eficiencia. Los engranajes de dientes rectos se seleccionaron tanto para la reducción de velocidad como para el cambio de dirección mediante engranajes cónicos de dientes rectos, destacando por su bajo costo, facilidad de diseño y mantenimiento. Finalmente, tras calcular la potencia requerida para la perforación de suelos agrícolas (4 382,08 N de fuerza axial y 199,37 Nm de torque), se determinó que la máquina requiere un motor de combustión interna de 9,00 HP para operar con eficiencia, considerando las pérdidas del sistema y la capacidad de trabajo continua. En conjunto, la máquina se caracteriza por su robustez, eficiencia energética y facilidad de mantenimiento, optimizando el desempeño en labores agrícolas de perforación.

La propuesta también incluyó un análisis económico de rentabilidad para demostrar la viabilidad financiera de la inversión y su impacto positivo en los ingresos de los agricultores.

Desde un enfoque aplicado y cuantitativo, la investigación se apoyó en datos numéricos precisos para sustentar decisiones de diseño y proyecciones de costos y beneficios. El método de trabajo fue de carácter descriptivo y proyectivo, ya que se limitó a observar y analizar la situación existente sin manipular variables, proyectando a partir de ello una solución concreta.

Esta propuesta se fundamentó, además, en criterios de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social, promoviendo la mecanización adaptada a la realidad local para mejorar la calidad de vida de las familias campesinas. De esta manera, la investigación buscó aportar una herramienta práctica que dinamizara la economía agrícola de Cerro La Vieja, incentivando la innovación tecnológica en comunidades rurales con recursos limitados.

CAPÍTULO V : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Resultados

5.1.1. Descripción de la situación actual de la actividad agrícola en el cc.pp. Cerro La Vieja ubicado en Motupe

El centro poblado Cerro La Vieja, ubicado en la parte baja de la subcuenca del río Motupe (152 msnm), forma parte del sistema de riego Motupe – Olmos – La Leche, donde su agricultura se desarrolla en un clima costero árido con precipitaciones anuales de alrededor de 180 mm y con acentuada dependencia del agua subterránea y de pozas para regadío (Autoridad Nacional del Agua, 2011). A pesar de su aptitud para el cultivo, solo 6 719 hectáreas se encontraban bajo riego, con un aporte anual estimado en 18 557 720 m³ provenientes de pozos (Prieto et al., 2001). La principal limitante del valle fue la escasez hídrica ocasionada por escaso caudal superficial y la necesidad de explotar recursos subterráneos (Autoridad Nacional del Agua, 2011; Prieto et al., 2001).

Figura 4

Ubicación del centro poblado Cerro La Vieja en el distrito de Motupe



Nota: Obtenida de Google Maps (2025).

La zona cultiva principalmente maíz, mango, palta, limón, maracuyá, menestras además últimamente también se está cultivando papaya y plátano evidenciando una diversificación hacia productos de agroexportación (maíz amarillo, frijoles, mango y palta), impulsada tanto por medianas y grandes agroindustrias, como por pequeños agricultores que comparten prácticas tradicionales con modernos sistemas de riego (gota a gota y pozas) (Vásquez & Zapata, 2015).

Actualmente la mayoría de los agricultores locales continúan realizando sus labores agrícolas de manera tradicional, en el caso específico de la preparación del terreno para la siembra o trasplante de los plántones es decir el ahoyado del terreno se viene realizando de manera manual utilizando para esto palas, barretas o barretones, donde el rendimiento en esta actividad es demasiado bajo y variable, ya que depende de la dureza del suelo y el clima que juega un papel importante ya que la zona de Motupe se caracteriza por un clima muy caluroso el cual aumenta la fatiga y reduce significativamente el rendimiento del agricultor

En la tabla 2, se detalla las profundidades y ancho necesarios de los hoyos para la instalación de los plántones para cada tipo de cultivo y también para el posteo ya sea para cercos perimétricos o instalación del sistema de conducción en el caso del cultivo del maracuyá. La medida de los hoyos fue obtenida por la información brindada por los agricultores locales y contrastada con los folletos de manejo y cultivo de los cultivos antes mencionados los cuales se encuentran en el repositorio del MIDAGRI.

Tabla 2

Profundidad y diámetro de los hoyos por tipo cultivo y para posteo (sistema de conducción y posteo para cerco perimétrico)

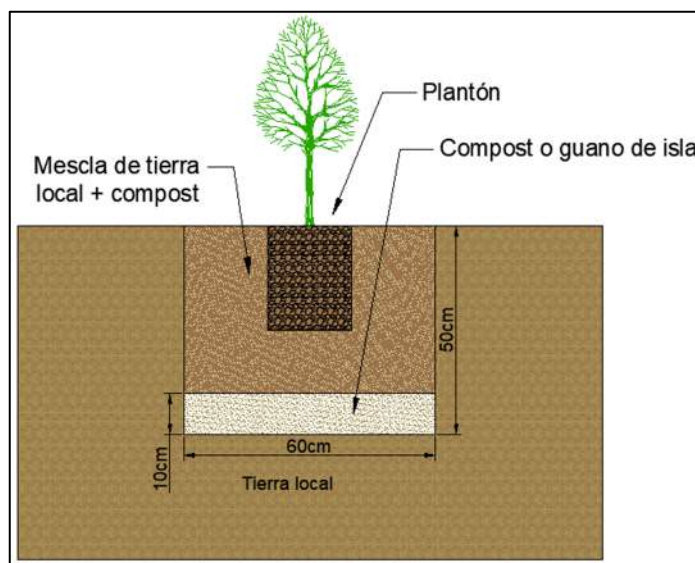
Cultivo / posteo	Profundidad	Ancho o diámetro
Mango	~ 50 cm	50x50 cm
Palta	~ 50 cm	60x60 cm
Limón	~ 40 cm	40x40 cm
Plátano	~ 40 cm	40x40 cm
Papaya	~ 30 cm	30x30 cm
Maracuyá	~ 30 cm	25 cm
Sistema de conducción - maracuyá	~ 50 cm	20 cm
Posteos cercos perimétricos	~ 50 cm	25 cm

Nota: Elaboración propia (Información brindada por agricultores de la zona).

De acuerdo a la información recopilada para el trasplante de los plantones al terreno definitivo es necesario la excavación de hoyos con medidas superiores a la base del plantón, esto con la finalidad de lograr que el plantón quede rodeado de tierra mezclada con abono y fertilizante lo que favorecerá el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes tal como se puede apreciar en la figura 5.

Figura 5

Ahoyado para el trasplante de mango y palta a terreno definitivo



Nota: Elaboración propia del autor (AutoCAD, 2024).

Para que una parcela o área de cultivo pueda quedar habilitado es decir ahoyado y listo para la siembra es necesario cierta cantidad de jornales los cuales pueden variar de acuerdo a las características del terreno, a continuación, en la Tabla 3 se detalla la cantidad de jornales necesarios para esta actividad, estos datos fueron recolectados por información brindada por los agricultores locales y contrastada con los costos de producción agrícola de acuerdo a la data obtenida del portal de la gerencia regional de agricultura la libertad, ver anexo 8. (GRSA, s.f.)

Tabla 3

Cantidad de jornales necesarios para ahoyar 1 hectárea, según cultivo

Cultivo	Densidad (plantas / hectárea)	jornales
Mango	400	55
Palta	494	65
Limón	460	25
Plátano	1600	60
Papaya	2000	35
Maracuyá	1600	15
Sistema de conducción - maracuyá	667	7

Nota: Elaboración propia (Información brindada por agricultores de la zona y contrastada con la data de GRSA)



En vista de que la cantidad de jornales para el ahoyado del terreno es elevada, algunos agricultores optan por reducir los diámetros de los hoyos a la medida de la base de los plántones o en el peor de los casos utilizan el método de siembra directa, esto dificulta el desarrollo óptimo de las plantaciones y en consecuencia tardan un poco más en producir. Es por este motivo que más adelante se propondrá brocas con diámetros desde los 10 cm hasta los 25 cm

De acuerdo a la data de la gerencia regional de agricultura - Lambayeque, (GRA-LAMBAYEQUE, s.f.) los jornaleros del campo perciben un ingreso que ronda desde los S/.47,50 y S/.57,50 por día tal como se puede apreciar

en la Figura 6, este monto puede variar dependiendo del tipo de trabajo, género, esfuerzo físico y especialización de la labor.

Figura 6

valor del jornal agrícola/día, tractor /hora, yunta/día

 VALOR DEL JORNAL AGRÍCOLA/DÍA, TRACTOR /HORA, YUNTA/DÍA (En Nuevos Soles) 						
NOMBRE DE LA REGION AGRARIA: GERENCIA REGIONAL DE AGRICULTURA - LAMBAYEQUE						
REGION: LAMBAYEQUE				MES: AGOSTO		
				AÑO: 2025		
AGENCIAS AGRARIAS	JORNAL/DÍA		TRACTOR/HORA		YUNTA/DÍA	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
A. A. CHICLAYO.	S/ 47.50	S/ 57.50	S/ 160.00	S/ 190.00	S/ 90.00	S/ 110.00
A.A. LAMBAYEQUE.	S/ 47.50	S/ 57.50	S/ 160.00	S/ 190.00	S/ 90.00	S/ 110.00
A. A. FERREÑAFE.	S/ 47.50	S/ 57.50	S/ 170.00	S/ 200.00	S/ 100.00	S/ 120.00
PROMEDIO	47.50	57.50	163.33	193.33	93.33	113.33

Nota:

- 1.- Maquinaria agrícola: costo por hora con operador
- 2.- Jornal Agrícola: por el valor de 8 horas
- 3.- Yunta: costo por día con gañan

Nota: Tomado del portal web de la GRA- LAMBAYEQUE

5.1.2. Parámetros relevantes para el diseño de la máquina perforadora multipropósito

Respecto a los parámetros importantes necesarios para lograr diseñar la máquina perforadora multipropósito, es necesario considerar los siguientes aspectos:

Motor

El motor debe ser en cierto modo portátil y considerando que la máquina es empleada en zona agrícola con poco acceso a un sistema eléctrico adecuado, además de que no se debe esperar entre carga y carga si es que se usan baterías, sino que se busca utilizar de manera continua la máquina perforadora, por tanto, debe ser un motor de combustión interna, que de acuerdo con fabricantes como Husqvarna, Truper, Electric

Maquinaria Industrial, entre otros, se debe emplear de 2 o 4 tiempos, donde la potencia necesaria depende de la dureza del terreno a ser hoyado.

Velocidad de giro de las barrenas

Tomando como referencia a las máquinas hoyadoras o perforadoras de los fabricantes Husqvarna, Truper, Electric Maquinaria Industrial y otros, la velocidad de salida para las brocas o barrenas debe estar en el rango de 200 a 250 rpm. Este dato es importante para el dimensionamiento y diseño del sistema de transmisión por engranajes helicoidales o tornillo sinfín.

$$n_{motor,mín} = 200 \text{ rpm}$$

$$n_{motor,máx} = 250 \text{ rpm}$$

Capacidad portante del suelo

Hace referencia a la resistencia que ofrece el suelo para ser penetrado, considerando la ubicación donde debe trabajar la máquina perforadora multipropósito que es el centro poblado Cerro La Vieja ubicado en Motupe, al buscar información sobre estudio de suelos realizado en dicho lugar, se obtuvo que cuenta con una resistencia de $0,91 \text{ kg/cm}^2$ de acuerdo con el estudio de (SEPESPEM, 2007) y en el Anexo 2 se visualiza la curva.

$$\sigma_{suelo} = 0,91 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Aceros de alta resistencia

Para que las brocas o barrenas puedan trabajar sin problema, además de mantener su filo por un tiempo de uso prolongado, es necesario emplear un acero 1045 estirado en frío que posee un límite elástico de 530 MPa, como recomendación de Budynas & Nisbett (2018).

Soldadura

La soldadura se define como un proceso de unión que coalescen o se funden materiales, generalmente metales o termoplásticos, mediante la

aplicación de calor o presión (AWS, 2020). Existen diversos tipos de soldadura entre los más usados tenemos a la soldadura por gas y soldadura por arco eléctrico como MIG, TIG y electrodo revestido (SMAW), los cuales pueden ser usados de acuerdo a las necesidades y exigencias requeridas. Para el presente proyecto se estará utilizando la soldadura SMAW por ser ideal para este tipo de aplicaciones.

Diámetro de los hoyos a realizar

Como la máquina perforadora multipropósito debe ser empleada para múltiples propósitos, se ha considerado que pueda ser empleada para instalar postes, cercas, para el plantado de árboles, además de realizar hoyos en terrenos agrícolas para los distintos tipos de cultivos. Por tanto, deben ser necesarias un total de 4 brocas o barrenas, desde la mínima de 10 cm hasta la máxima de 25 cm de diámetro.

$$d_{broca\ 1} = 0,10\ m$$

$$d_{broca\ 2} = 0,15\ m$$

$$d_{broca\ 3} = 0,20\ m$$

$$d_{broca\ 4} = 0,25\ m$$

Profundidad de los hoyos

Considerando la información obtenida en la tabla 2, la profundidad máxima que se desea alcanzar con la máquina perforadora multipropósito debe ser de 0,50 metros.

$$h_{m\acute{a}xima\ broca} = 0,50\ m$$

5.1.3. Dimensionamiento y selección del equipamiento electromecánico mediante una matriz morfológica para validarlo por software CAD/CAE

Al momento de seleccionar el equipamiento electromecánico para la máquina perforadora multipropósito, se utilizó una matriz morfológica pero

antes se seleccionó elemento por elemento y también se tuvo en cuenta una matriz de ponderación para evaluar la opción más favorable dependiendo de distintos criterios. En la tabla 4 se presentan los distintos niveles de ponderación asignados, mientras que en la tabla 5 se detallan los criterios utilizados para llevar a cabo la evaluación correspondiente. La selección y organización de esta información se ha realizado tomando como base principios estadísticos, siguiendo la metodología propuesta por Betancourt (2018).

Tabla 4

Ratios considerados para la matriz de ponderada

Ratio	Valor
Elevado precio – Insatisfacción	1
Tolerable – Baja satisfacción	2
Correcto – Brinda satisfacción	3
Realmente bueno – bastante satisfacción	4
Realmente excelente – Bajo costo	5

Nota: Elaboración propia.

Tabla 5

Criterios para evaluar matriz ponderada

Criterio	Descripción
Gasto en mantenimiento	Representa el gasto necesario para que el equipo siga funcionando correctamente, luego de ser revisada cada cierto periodo de tiempo.
Gasto en energía	Representa el gasto en energía que consume el equipo y depende del tiempo que se encuentre funcionando.
Inversión	Representa el costo inicial de inversión necesaria para poder ejecutar el proyecto o para construir una maquinaria.
Vida esperada	Tiempo estimado que se espera dure el proyecto o la máquina, que sirve para estimar ciertos indicadores rentables.
Rendimiento	Representa que tan eficiente es la máquina o equipo seleccionado, esto es, a mayor rendimiento se tiene una buena máquina o equipo.
Seguridad	Representa la confianza que da la máquina o equipo para ser operado por una persona, y que permite proteger su integridad física.

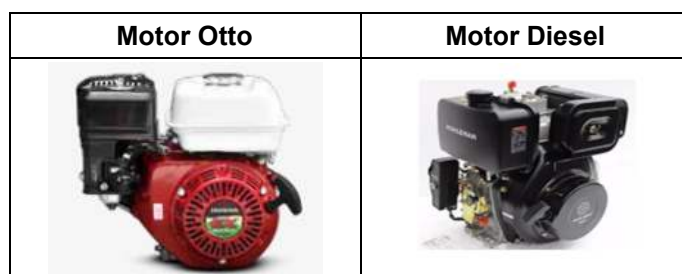
Nota: Elaboración propia.

Fuente para alimentación

Para este punto, es necesario seleccionar una fuente de alimentación que sea compatible con la máquina perforadora multipropósito, considerando que se emplea para la actividad agrícola, por ende, es necesario contar con un motor que sea recargado y empleado al instante, sin necesidad de esperar un tiempo prolongado entre recargas. Para ello, se analizó un motor Otto y motor Diesel. La Tabla 6 muestra las alternativas utilizadas para su evaluación.

Tabla 6

Tipos de fuente de alimentación para perforadora multipropósito



Nota: Obtenidas de Honda (2025) e (ImportadorPeru, 2025).

La tabla 7 muestra la matriz ponderada para la evaluación de la opción más viable con relación a la fuente para alimentación. Con la tabla 4 y tabla 5 se realiza dicha evaluación tomando los ratios y criterios indicados.

Tabla 7

Matriz ponderada para seleccionar la fuente para alimentación adecuada

Criterio	Porcentaje ponderado	Motor Otto		Motor Diesel	
		Valor	Parcial	Valor	Parcial
Inversión	25% (0,20)	3	0,75	2	0,50
Gasto en energía	20% (0,20)	2	0,40	3	0,60
Gasto en mantenimiento	15% (0,15)	4	0,60	3	0,45
Rendimiento (torque)	20% (0,20)	3	0,60	3	0,60
Rapidez en recarga	20% (0,25)	5	1,00	5	1,00
TOTAL	100%		3,35		3,15

Nota: Elaboración propia.

Al realizar la sumatoria de los valores parciales, el motor Otto obtuvo un valor total de 3,35, que lo hace la opción más favorable para ser utilizado

como fuente para alimentación de la máquina perforadora multipropósito, ya que es rápido para recargarse y volver a ser usado, brinda un torque elevado a elevadas revoluciones y buen rendimiento, y aunque el motor eléctrico también podría ser apto, el detalle que juega en contra es que necesitaría baterías para ser usado generando un costo mayor además de incrementar el peso, y que luego de agotarse la carga de las baterías es necesario recargarlas, lo cual demanda demasiado tiempo para seguir usando la máquina perforadora.

Selección de material para estructura de transporte

La Tabla 8 muestra los distintos materiales considerados para su evaluación respectiva que son el acero A36, aluminio y acero inoxidable. En la Tabla 9 se detallan los criterios con sus respectivos valores parciales.

Tabla 8

Opciones de distintos materiales para la estructura de transporte



Nota: Obtenidas de Aceros Arequipa (2025) y TRG (2025).

Tabla 9

Matriz de ponderación para material empleado para estructura de transporte

Criterio	Porcentaje ponderado	Acero A36		Aluminio		Acero inoxidable	
		Valor	Subtotal	Valor	Subtotal	Valor	Subtotal
Costo	30% (0,30)	4	1,20	4	1,20	2	0,60
Resistencia	30% (0,30)	4	1,20	3	0,90	4	1,20
Mantenimiento	20% (0,20)	3	0,60	4	0,80	4	0,80
Vida útil	20% (0,20)	4	0,80	4	0,80	4	0,80
TOTAL	100%		3,80		3,70		3,40

Nota: Elaboración propia.

Al efectuar la sumatoria de los valores parciales, se obtuvo un valor total de 3.80 para el acero A36, debido a su relativo bajo costo, buena resistencia,

bajo costo de mantenimiento y una excelente vida útil, por lo tanto, es viable emplear acero A36 para la estructura de transporte de la máquina perforadora multipropósito.

Selección de rodamientos

La tabla 10 muestra los distintos tipos de rodamientos que se han tomado en consideración para el sistema de transmisión y demás soportes de la máquina perforadora multipropósito, entre los cuales se tiene al rígido de bolas, bolas a rótula y rodillos a rótula, para posteriormente elaborar una matriz ponderada para su evaluación.

Tabla 10

Diferentes alternativas consideradas para seleccionar los rodamientos



Nota: Obtenidas de (SKF, 2019).

La tabla 11 detalla la matriz ponderada para estimar la mejor alternativa del rodamiento adecuado para la máquina perforadora multipropósito.

Tabla 11

Matriz ponderada para seleccionar los rodamientos

Criterio	Porcentaje ponderado	Rodamiento rígido de bolas		Rodamiento de bolas a rótula		Rodamiento de rodillos a rótula	
		Valor	Subtotal	Valor	Subtotal	Valor	Subtotal
Costo	30% (0,30)	4	1,20	3	0,90	2	0,60
Carga admisible	25% (0,25)	3	0,75	4	1,00	4	1,00
Mantenimiento	25% (0,25)	4	1,00	4	1,00	5	1,25
Vida útil	20% (0,20)	4	0,80	4	0,80	4	0,80
TOTAL	100%		3,75		3,70		3,65

Nota: Elaboración propia.

Al efectuar el análisis respectivo, los rodamientos rígidos de bolas obtuvieron la mayor ponderación con un valor de 3,75, porque resisten

tanto cargas axiales como radiales, que se dan en los ejes del sistema de transmisión de los engranajes rectos y cónicos rectos, además de ser bastante eficientes.

Selección de engranajes

En el sistema de transmisión es necesario reducir la velocidad de forma considerable, por ello se consideró a los engranajes de dientes rectos, engranajes helicoidales y de tornillo sinfín.

Tabla 12

Opciones para seleccionar adecuadamente los engranajes para reducir velocidad



Nota: Obtenidas de Singh (2022), Direct Industry (2025) y Los mecanismos (2025).

La Tabla 12 muestra las opciones para su evaluación, considerando criterios como costo, facilidad de diseño, resistencia, gasto en mantenimiento y vida útil.

Tabla 13

Matriz de ponderación para selección de engranajes

Criterio	Porcentaje ponderado	Engranaje de dientes rectos		Engranajes helicoidales		Engranaje de tornillo sinfín	
		Valor	Subtotal	Valor	Subtotal	Valor	Subtotal
Inversión	25% (0,25)	4	1,00	3	0,75	2	0,50
Facilidad para diseñar	20% (0,20)	4	0,80	3	0,60	2	0,40
Resistencia	20% (0,20)	3	0,60	4	0,80	2	0,40
Gasto en Mantenimiento	20% (0,20)	4	0,80	3	0,60	2	0,40
Vida esperada	15% (0,15)	3	0,45	4	0,60	2	0,30
TOTAL	100%		3,65		3,35		2,00

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 13 indica que la puntuación máxima de 3,65 la obtuvo el engranaje de dientes rectos, por ser más económicos, más fáciles de diseñar, un

costo bajo en mantenimiento, y aunque su vida es media al igual que la resistencia, los demás parámetros permiten seleccionarlo como la opción más adecuada.

Engranajes para cambio de dirección del eje de salida

Para poder cambiar la disposición de horizontal a vertical respecto al eje de salida, ya que el eje del motor se encuentra en disposición horizontal y al reducir la velocidad con engranajes de dientes rectos, se mantiene dicha disposición, y como se requiere que las brocas o barrenos puedan perforar el suelo, es necesario un cambio de orientación de horizontal a vertical, por ende, se creó conveniente emplear engranajes cónicos de dientes rectos, ya que poseen características similares con los de dientes rectos, y para facilitar su fabricación, montaje y gasto en términos de mantenimiento. La Tabla 14 muestra la evaluación considerando engranajes de dientes rectos, helicoidales y de tornillo sinfín, logrando ganar el engranaje cónico de dientes rectos con un puntaje máximo de 3,65.

Tabla 14

Matriz de ponderación para selección de engranajes para cambio de orientación

Criterio	Porcentaje ponderado	Cónicos de dientes rectos		Helicoidales		Tornillo sinfín	
		Valor	Subtotal	Valor	Subtotal	Valor	Subtotal
Inversión	25% (0,25)	4	1,00	3	0,75	2	0,50
Facilidad para diseñar	20% (0,20)	4	0,80	3	0,60	2	0,40
Resistencia	20% (0,20)	3	0,60	4	0,80	2	0,40
Gasto en Mantenimiento	20% (0,20)	4	0,80	3	0,60	2	0,40
Vida esperada	15% (0,15)	3	0,45	4	0,60	2	0,30
TOTAL	100%		3,65		3,35		2,00

Nota: Elaboración propia.

Selección del motor

Para poder seleccionar correctamente el motor de combustión interna es necesario conocer la potencia requerida, que se calculó de la siguiente forma:

La fuerza de penetración se calcula:

$$F_{penetración} = \sigma_{suelo} A_{broca} \dots (Ec. 14)$$

Donde la presión de soporte o capacidad portante del suelo es:

$$\sigma_{suelo} = \left(0,91 \frac{kg}{cm^2}\right) \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right) \left(\frac{10^4 cm^2}{1 m^2}\right)$$

$$\sigma_{suelo} = 89\,271 \frac{N}{m^2}$$

El área que corta el suelo es:

$$A_{broca} = \frac{\pi D_{broca}^2}{4} \dots (Ec. 15)$$

$$A_{broca} = \frac{\pi(0,25 m)^2}{4}$$

$$A_{broca} = 0,04908739 m^2$$

Entonces, la fuerza de penetración es:

$$F_{penetración} = \left(89\,271 \frac{N}{m^2}\right) (0,04908739 m^2)$$

$$F_{penetración} = 4\,382,08 N$$

Por tanto, la fuerza axial necesaria teórica para cortar el suelo con un diámetro de 0,25 m es de 4 382.08 N.

El torque requerido se calcula:

$$T_{requerido} = F_{penetración} \left(\frac{D_{broca}}{2}\right) \tan \alpha \dots (Ec. 16)$$

Considerando que el ángulo de inclinación de la espiral de la broca tiene un ángulo de ataque de 20°. La elección de un ángulo de hélice aproximado de 20° para la espiral de la broca se fundamenta en la práctica de diseño de elementos helicoidales (augers / screw flights) y en la literatura técnica que muestra que ángulos de hélice y pasos moderados (típicamente en el

rango aproximado de 15°–30° para aplicaciones de torneado y transporte helicoidal) ofrecen un equilibrio práctico entre la capacidad de arranque/corte, la evacuación/convección del material y la demanda de par; un ángulo mayor mejora la evacuación y reduce la carga puntual pero aumenta la potencia requerida, mientras que un ángulo menor reduce la demanda de potencia pero disminuye la eficiencia de transporte del material, por lo que 20° se usa frecuentemente como compromiso entre torque y capacidad de extracción en equipos de perforación y transporte de suelo (manuales y guías industriales de screw conveyors y fabricantes de flighting). Estudios de diseño de augers y modelos analíticos de rendimiento también emplean ángulos y pasos en ese rango para predecir comportamiento y potencia, y los fabricantes de flighting/agro-augers ofrecen especificaciones de paso/hélice que muestran opciones de pitch/ángulos similares en equipos comerciales, lo que respalda la aproximación práctica de 20° para una perforadora multipropósito de uso agrícola (KWS Manufacturing Company, 2016). Por tanto:

$$T_{requerido} = (4\,382,08\text{ N}) \left(\frac{0,25\text{ m}}{2} \right) \tan 20^\circ$$

$$T_{requerido} = 199,37\text{ Nm}$$

La potencia del motor debe ser:

$$P_{motor\ MCI} = T_{requerido} \omega_{promedio} \dots \text{(Ec. 17)}$$

$$P_{motor\ MCI} = (199,37\text{ Nm}) \left(200 \frac{rev}{min} \right) \left(\frac{1\text{ min}}{60\text{ s}} \right) \left(\frac{2\pi\text{ rad}}{1\text{ rev}} \right)$$

$$P_{motor\ MCI} = (4\,175,56\text{ W}) \left(\frac{1\text{ HP}}{746\text{ W}} \right)$$

$$P_{motor\ MCI} = 5,60\text{ HP}$$

Considerando que el motor no debe operar a su capacidad nominal del 100%, sino que debe operar a una capacidad inferior de 85% más las pérdidas en el sistema de transmisión que reducen la eficiencia al 85%, se

obtiene un rendimiento global de 72,25%.

$$P_{motor\ MCI\ real} = \frac{P_{motor\ MCI}}{\eta_{global}} \dots (Ec. 18)$$

$$P_{motor\ MCI\ real} = \frac{5,60\ HP}{0,7225}$$

$$P_{motor\ MCI\ real} = 7,75\ HP$$

Por tanto, es necesario un motor de combustión interna de 7,75 HP, que al buscar en el mercado se ha encontrado y seleccionado el motor Honda GX270 H2-QH con una potencia máxima de 9 HP, potencia nominal de 8,40 HP a 3600 rpm, con un torque de 18,30 Nm a 2 500 rpm que debe ser transmitido por medio del sistema de transmisión, que se multiplica hasta un valor de:

$$T_{entrada} n_{entrada} = T_{salida} n_{salida} \dots (Ec. 19)$$

$$T_{salida} = T_{entrada} \frac{n_{entrada}}{n_{salida}} \dots (Ec. 19.1)$$

Al reemplazar los datos:

$$T_{salida} = (18,30\ Nm) \left(\frac{2\ 500\ rpm}{200\ rpm} \right)$$

$$T_{salida} = 228,75\ Nm$$

El torque que se transmite es de 228,75 Nm, siendo superior al requerido de 199,37 Nm, siendo adecuada la selección del motor, donde sus características se pueden observar en el Anexo 3. Cabe mencionar que en el cálculo de la potencia del motor no se ha considerado un factor de seguridad adicional, ya que la potencia requerida resultante es menor a la capacidad nominal del motor seleccionado, lo que garantiza un margen operativo suficiente. Según Budynas & Nisbett (2018), el factor de seguridad se aplica principalmente al diseño estructural de componentes mecánicos (ejes, engranajes, rodamientos, bastidores, etc.), donde la

resistencia del material está sujeta a incertidumbres de carga, fatiga o manufactura, y no necesariamente en el dimensionamiento de la potencia del motor, pues este se elige con base en su rendimiento continuo, eficiencia y condiciones de servicio. De igual manera, fabricantes de motores como WEG (2022) y Caterpillar (2013) especifican que los motores deben seleccionarse considerando un margen de operación inferior a su potencia nominal (generalmente entre el 80% y 90% de carga), lo que ya integra una reserva funcional equivalente a un factor de seguridad operativo. En consecuencia, resulta innecesario incorporar un factor de seguridad explícito en el cálculo de potencia, dado que el motor propuesto supera holgadamente las exigencias de trabajo de la máquina perforadora y sus componentes han sido diseñados con factores de seguridad apropiados para garantizar su integridad estructural.

Sistema para transmisión de torque

Se empleó un sistema de transmisión de engranajes de dientes rectos, ya que no poseen un costo elevado, un costo de mantenimiento bajo y además que brindan una eficiencia de 85% a 90%. En primer lugar, se determina el factor de sobrecarga K_{sob} de acuerdo a la fuente de potencia y máquina a impulsar, en este caso de estudio tomando lo sugerido por Mott (2006), a la fuente de potencia se le considerará del tipo choque ligero por ser un motor de combustión interna y la máquina impulsada se asumirá con choque moderado por ser una máquina perforadora multipropósito, eligiendo un valor de $K_{sob} = 1,75$ para sobrecarga, de acuerdo con la Tabla 15.

Tabla 15

Factores de sobrecarga sugeridos K_{sob}

Fuente de potencia	Máquina impulsada			
	Uniforme	Choque ligero	Choque moderado	Choque pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75
Choque ligero	1.20	1.40	1.75	2.25
Choque moderado	1.30	1.70	2.00	2.75

Nota: Obtenida de Mott (2006)

Entonces, calculando la potencia de diseño de la máquina perforadora multipropósito de acuerdo con la metodología de Mott (2006), se obtuvo:

$$P_{transm.diseño} = K_{sob} P_{motor MCI real} \dots (Ec. 20)$$

$$P_{transm.diseño} = (1,75)(9,00 HP)$$

$$P_{transm.diseño} = 15,75 HP$$

A continuación en la Tabla 16 se presentan una lista de diámetros de paso normalizados; para nuestro caso tomando en cuenta la metodología presentada en el libro de Mott (2006) se considero utilizar un paso diametral normalizado número 8.

Tabla 16

Pasos diametrales normalizados (dientes /pulg)

Paso grueso ($P_d < 20$)				Paso fino ($P_d \geq 20$)	
1	2	5	12	20	72
1.25	2.5	6	14	24	80
1.5	3	8	16	32	96
1.75	4	10	18	48	120
				64	

Nota: Obtenida de Mott (2006).

Para los dientes a emplear en el piñón, considerando que Mott (2006) recomienda utilizar entre 17 a 20 dientes, pero para que no sea tan grande, se seleccionó 18 dientes para el piñón.

$$N_p = 18 \text{ dientes}$$

Seguidamente, se calculó la relación de transmisión de velocidad:

$$R_{tr} = \frac{n_{motor MCI real}}{n_{salida broca}} \dots (Ec. 21)$$

$$R_{tr} = \frac{3600 rpm}{200 rpm} = 18$$

Dicho valor obtenido es demasiado alto, por lo que se tuvo en consideración emplear un sistema de transmisión de 3 etapas (Ver Figura 7). Entonces se tuvo que:

$$R_{tr.etapa} = \sqrt[3]{R_{tr}} \dots (Ec.22)$$

$$R_{tr.etapa} = \sqrt[3]{18}$$

$$R_{tr.etapa} = 2,6207$$

$$R_{tr.etapa1} = R_{tr.etapa2} = R_{tr.etapa3} = 2,6207$$

Calculando el número de dientes del engranaje:

$$N_{Eng} = N_p R_{tr} \dots (Ec.23)$$

$$N_{Eng} = 18 \times 2,6207$$

$$N_{Eng} = 47.17$$

Con dicha información, se procedió a elaborar la Tabla 17, donde se resume la información detallada de cada etapa de reducción, considerando la cantidad de dientes estimado para piñón y engrane, además de la cantidad de dientes real, la relación de velocidad calculada y real, con las velocidades inicial y final en cada etapa.

Tabla 17

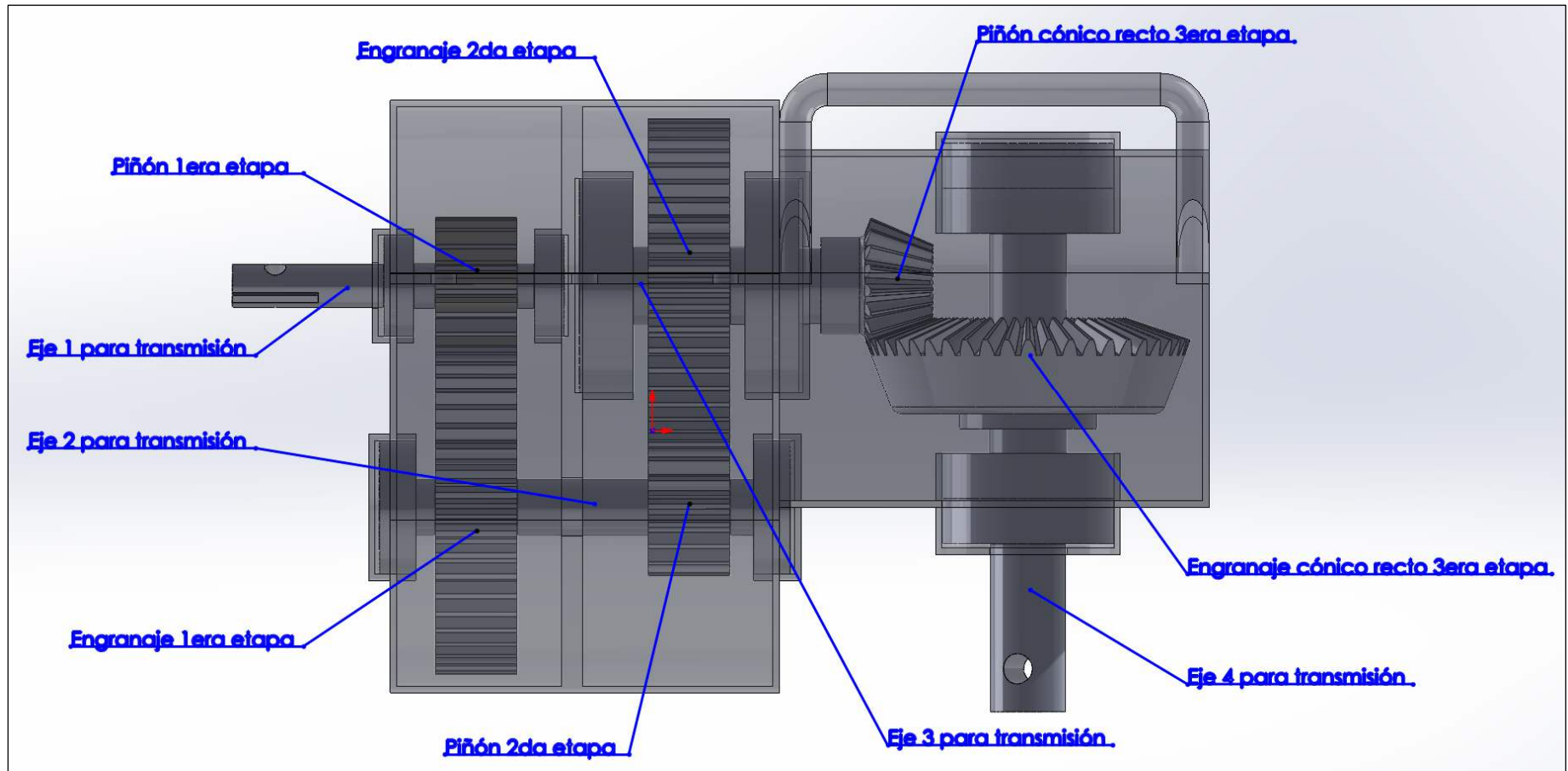
Cantidad de dientes y velocidades en cada etapa

Etapa	Cantidad de dientes estimado		Cantidad de dientes real		Relación de velocidad		Velocidades	
	Piñón	Engranaje	Piñón	Engranaje	Calculada	Real	Inicial	Final
1era	18	47,17	18	47	2,6207	2,6111	3 600	1 378,72
2da	18	47,17	18	47	2,6207	2,6111	1 378,72	528,02
3era	18	47,17	18	47	2,6207	2,6111	528,02	202,22

Nota: Elaboración propia.

Figura 7

Sistema de transmisión indicando los elementos por etapa, tanto piñones, engranajes y ejes



Nota: Elaboración propia con SolidWorks 2022.

Por tanto, son necesarios 18 dientes en cada piñón y 47 dientes en cada engrane conducido, logrando obtener una relación de velocidad real de 2,6111 y además de una velocidad de salida para el eje de la broca de 202,22 rpm. Luego, se calculó el diámetro de paso D_{Pi} , distancia de centro a centro C , velocidad de línea de paso v_t , y carga o fuerza a transmitir W_{tr} .

$$P_{diam} = 8$$

$$N_{Pi} = 18 \text{ dientes}$$

$$N_{Eng} = 47 \text{ dientes}$$

$$D_{Pi} = \frac{N_{Pi}}{P_d} \dots (\text{Ec. 24})$$

$$D_{Pi} = \frac{18}{8}$$

$$D_{Pi} = 2,25 \text{ pulg} \approx 57,15 \text{ mm}$$

$$D_{Eng} = \frac{N_{Eng}}{P_d} \dots (\text{Ec. 25})$$

$$D_{Eng} = \frac{47}{8}$$

$$D_{Eng} = 5,875 \text{ pulg} \approx 149,23 \text{ mm}$$

$$C = \frac{(N_{Pi} + N_{Eng})}{2 P_{diam}} \dots (\text{Ec. 26})$$

$$C = \frac{(18 + 47)}{2(8)}$$

$$C = 4,0625 \text{ pulg} \approx 103,19 \text{ mm}$$

$$v_t = \frac{\pi D_{Pi} n_{motor MCI \text{ real}}}{12} \dots (\text{Ec. 27})$$

$$v_t = \frac{\pi(2,25)(3600)}{12}$$

$$v_t = 2\,120,58 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

Carga transmitida:

$$W_{tr} = 33\,000 \frac{P_{motor\ MCI\ real}}{v_t} \dots \text{(Ec. 28)}$$

$$W_{tr} = 33\,000 \left(\frac{9,00\ HP}{2\,120,58 \frac{\text{pies}}{\text{min}}} \right) = 245,10\ \text{lb}f$$

Calculando el ancho de cara de los engranajes:

$$F = \frac{12}{P_d} \dots \text{(Ec. 29)}$$

$$F = \frac{12}{8} = 1,50\ \text{pul}g \approx 38,10\ \text{mm}$$

Empleando al acero como el material para los engranajes, el coeficiente elástico de acuerdo con la Tabla 18 es:

$$C_p = 2\,300$$

Tabla 18

Factor para seleccionar el coeficiente elástico

Material del piñón	Módulo de elasticidad, E_p , lb/pulg ² (MPa)	Material y módulo de elasticidad E_g , lb/pulg ² (MPa), del engrane					
		Acero 30×10^6 (2×10^5)	Hierro maleable 25×10^6 (1.7×10^5)	Hierro nodular 24×10^6 (1.7×10^5)	Hierro colado 22×10^6 (1.5×10^5)	Bronce de aluminio 17.5×10^6 (1.2×10^5)	Bronce de estaño 16×10^6 (1.1×10^5)
Acero	30×10^6 (2×10^5)	2300 (191)	2180 (181)	2160 (179)	2100 (174)	1950 (162)	1900 (158)
Hierro maleable	25×10^6 (1.7×10^5)	2180 (181)	2090 (174)	2070 (172)	2020 (168)	1900 (158)	1850 (154)
Hierro nodular	24×10^6 (1.7×10^5)	2160 (179)	2070 (172)	2050 (170)	2000 (166)	1880 (156)	1830 (152)
Hierro colado	22×10^6 (1.5×10^5)	2100 (174)	2020 (168)	2000 (166)	1960 (163)	1850 (154)	1800 (149)
Bronce de aluminio	17.5×10^6 (1.2×10^5)	1950 (162)	1900 (158)	1880 (156)	1850 (154)	1750 (145)	1700 (141)
Bronce de estaño	16×10^6 (1.1×10^5)	1900 (158)	1850 (154)	1830 (152)	1800 (149)	1700 (141)	1650 (137)

Fuente: Tomado de la norma AGMA 2001-C95: *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314
Nota: Relación de Poisson = 0.30; unidades de C_p : (lb/pulg²)^{0.5} o (MPa)^{0.5}

Nota: Obtenida de Mott (2006).

Ahora, es indispensable conocer el número de calidad Q_v , entonces al emplear la Tabla 19, como se conoce la velocidad de la línea de paso se obtiene:

$$Q_v = 11$$

Tabla 19

Números de calidad AGMA recomendados

Aplicación	Número de calidad	Aplicación	Número de calidad
Accionamiento de tambor mezclador de cemento	3-5	Taladro pequeño	7-9
Horno de cemento	5-6	Lavadora de ropa	8-10
Impulsores de laminadoras de acero	5-6	Prensa de impresión	9-11
Cosechadora de granos	5-7	Mecanismo de cómputo	10-11
Grúas	5-7	Transmisión automotriz	10-11
Prensas de punzonado	5-7	Accionamiento de antena de radar	10-12
Transportador de mina	5-7	Accionamiento de propulsión marina	10-12
Máquina para fabricar cajas de papel	6-8	Accionamiento de motor de avión	10-13
Mecanismo de medidores de gas	7-9	Giroscopio	12-14
Accionamientos de máquinas herramienta y de otros sistemas mecánicos de alta calidad			
Velocidad de la línea de paso (pies/min)	Número de calidad		Velocidad de la línea de paso
0-800	6-8		0-4
800-2000	8-10		4-11
2000-4000	10-12		11-22
Más de 4000	12-14		Más de 22

Nota: Obtenida de Mott (2006).

Determinando el factor dinámico al utilizar la Figura 8, incluyendo las fórmulas descritas respectivamente, se obtuvo que:

$$B = \frac{(12 - Q_v)^{0,667}}{4} \dots (Ec. 29)$$

$$B = \frac{(12 - 11)^{0,667}}{4} = 0,25$$

$$A = 50 + 56 (1 - B) \dots (Ec. 30)$$

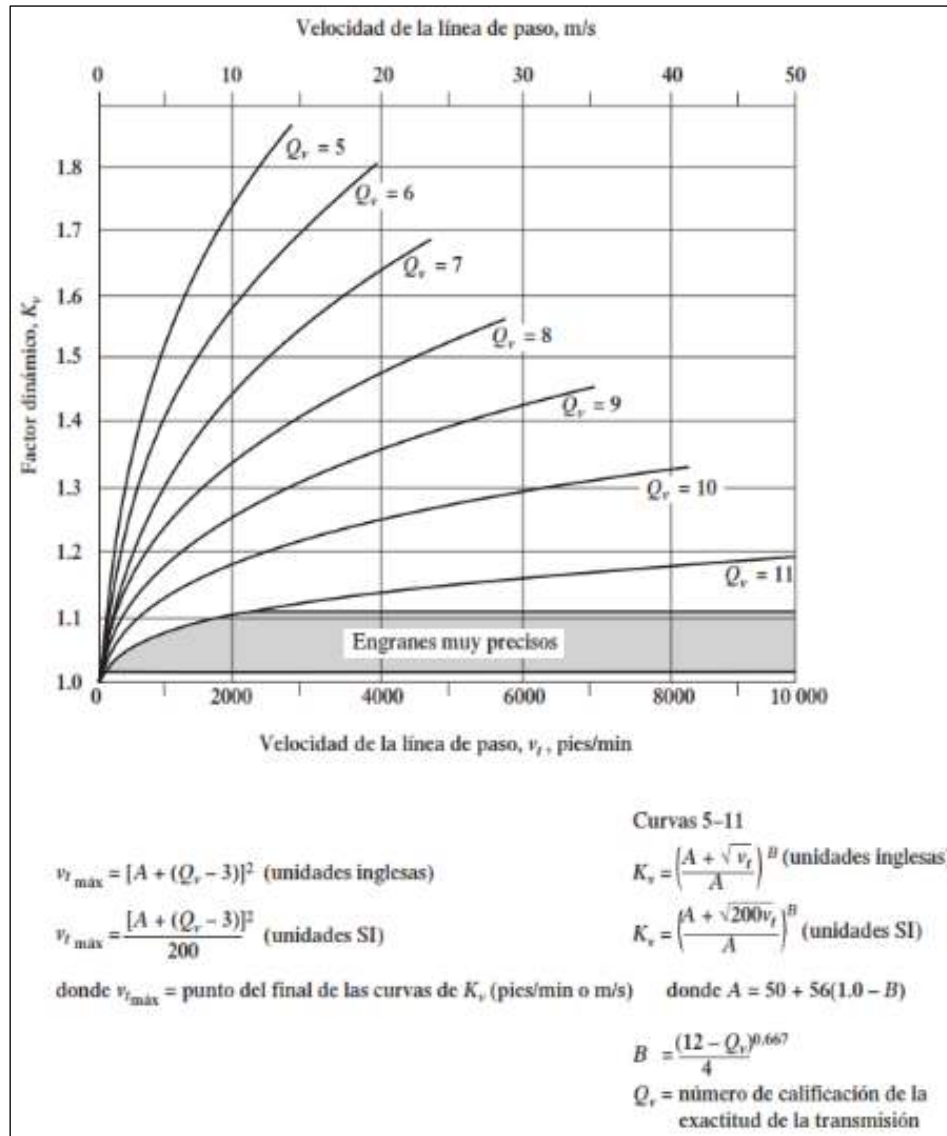
$$A = 50 + 56 (1 - 0,25) = 92$$

$$K_v = \left(\frac{A + \sqrt{v_t}}{A} \right)^B \dots (Ec. 31)$$

$$K_v = \left(\frac{92 + \sqrt{2 \cdot 120,58}}{92} \right)^{0,25} = 1,1068$$

Figura 8

Curvas para determinar el factor dinámico



Nota: Obtenida de Mott (2006).

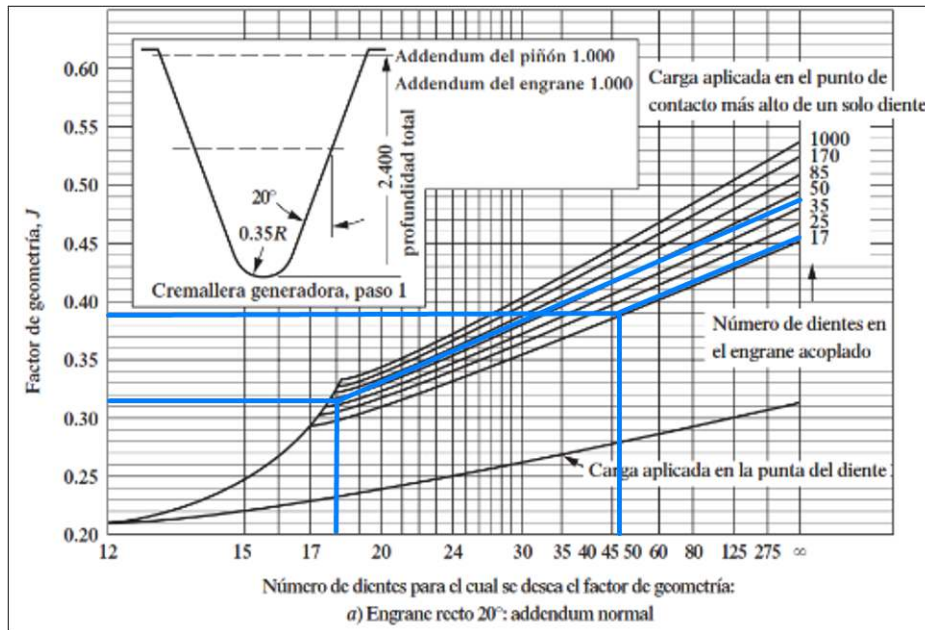
Con la Figura 9 tomando en cuenta el número de dientes del piñon y el engranaje y además que cuenta que los engranajes rectos poseen un ángulo de presión de 20° se obtiene el factor geométrico para flexión:

$$J_{pi} = 0,314$$

$$J_{Eng} = 0,394$$

Figura 9

Factor de geometría



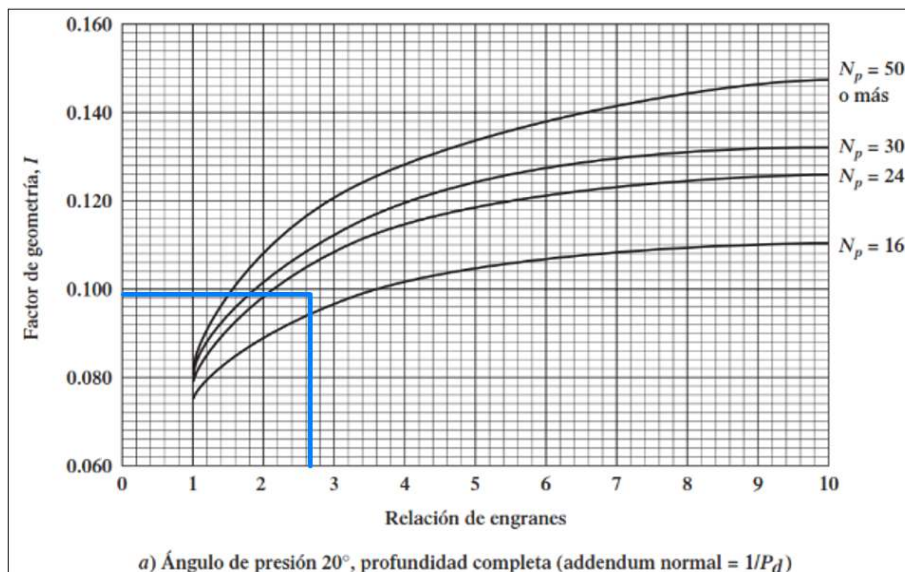
Nota: Obtenida de Mott (2006).

Además, es importante calcular el factor de geometría para picadura, mediante el uso de la Figura 10, teniendo en cuenta que los engranajes rectos poseen un ángulo de presión de 20° , obteniendo:

$$I = 0,0982$$

Figura 10

Factor de geometría para piñones rectos externos



Nota: Obtenida de Mott (2006).

Aplicando la Figura 11 y Figura 12 se calculó el factor de proporción (K_m), considerando que se fabrican como unidades comerciales cerradas de engranajes, logrando obtener:

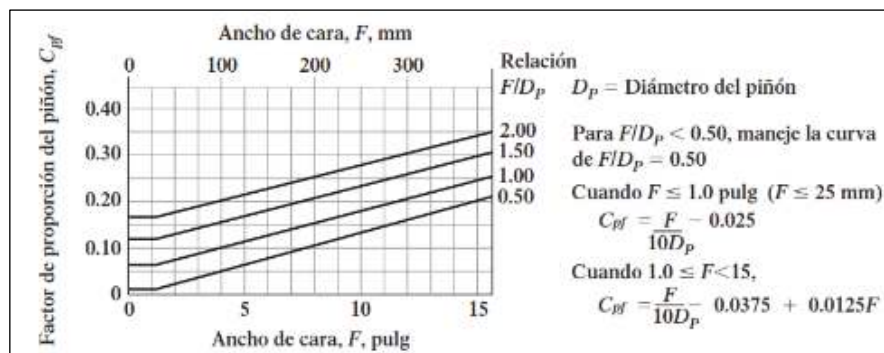
$$\frac{F}{D_{pi}} = \frac{1,50 \text{ pulg}}{2,25 \text{ pulg}} = 0,6667$$

$$C_{pf} = \frac{F}{10 D_{pi}} - 0,0375 + 0,0125 F \dots (\text{Ec. 32})$$

$$C_{pf} = \frac{0,6667}{10} - 0,0375 + 0,0125(1,50) = 0,04792$$

Figura 11

Factor de proporción



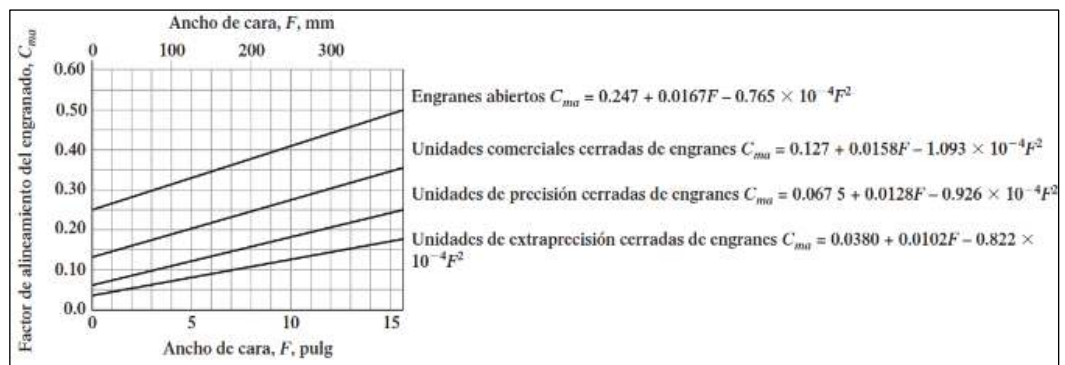
Nota: Obtenida de Mott (2006).

$$C_{ma} = 0,127 + 0,0158 F - 1,093 \times 10^{-4} F^2 \dots (\text{Ec. 33})$$

$$C_{ma} = 0,127 + (0,0158)(1,50) - (1,093 \times 10^{-4})(1,50)^2 = 0,15045$$

Figura 12

Factor de alineamiento del engranado



Nota: Obtenida de Mott (2006).

Reemplazando los datos respectivos, se obtuvo que el factor de distribución de carga (K_m) es:

$$K_m = 1 + C_{pf} + C_{ma} \dots \text{(Ec. 34)}$$

$$K_m = 1 + 0,04792 + 0,15045 = 1,19837$$

Utilizando la Tabla 20 para calcular el factor de tamaño (K_s), tomando en consideración que el paso diametral es de 8:

$$K_s = 1,00$$

Tabla 20

Factor de tamaño sugerido

Paso diametral, P_d	Módulo métrico, m	Factor de tamaño, K_s
≥ 5	≤ 5	1.00
4	6	1.05
3	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.40

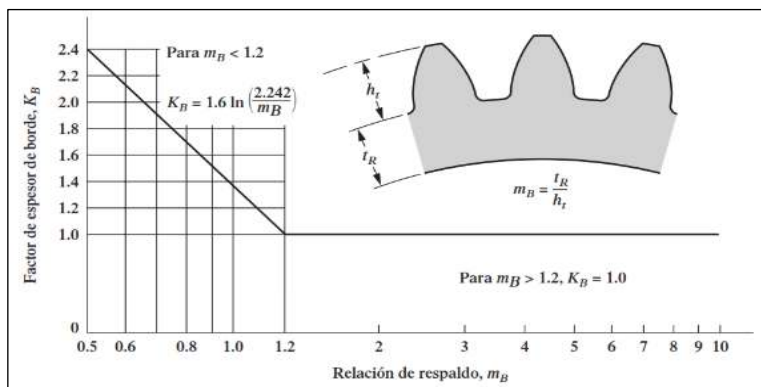
Nota: Obtenida de Mott (2006).

De la Figura 13 se especifica que el factor de espesor de orilla (K_B), teniendo que $m_B > 1,2$, para que la orilla sea lo bastante fuerte para resistir al diente.

$$K_B = 1$$

Figura 13

Factor de espesor de borde



Nota: Obtenida de Mott (2006).

El autor Mott (2006) recomienda que el factor de servicio se encuentre entre 1 y 1,50; pero se considero emplear el valor medio, para que no se sobredimensione los engranajes.

$$f_{servicio} = 1,50$$

El factor de relación de dureza se obtiene del material empleado en el engrane y piñón, pero como el material empleado para ambos es el mismo, el factor es de:

$$C_H = 1$$

El factor para la confiabilidad, considerando una confiabilidad del 99%, empleando la Tabla 21, es de:

$$K_R = 1,00$$

Tabla 21

Factor de confiabilidad

Confiabilidad	K_R
0.90, una falla en 10	0.85
0.99, una falla en 100	1.00
0.999, una falla en 1000	1.25
0.9999, una falla en 10 000	1.50

Nota: Obtenida de Mott (2006).

Se determinó la vida útil para el diseño, calculando el número de ciclos de carga (N_c) para el sistema de transmisión por piñón y engrane. Los factores de esfuerzo por número de ciclos debido a la flexión y de picadura, para piñón y engrane. La vida útil estimada para el sistema de transmisión de la máquina perforadora multipropósito es de 48 000 horas, que significa que trabaja 8 horas por día, durante 300 días por año, por un lapso de 20 años. Por lo tanto, los números de ciclos de carga para el piñón y engrane en cada etapa son:

$$N_c = (60)(L)(n)(q) \dots (Ec. 35)$$

Donde:

N_c = número de ciclos de carga.

L = vida de diseño, en horas.

n = velocidad de giro del piñón o engrane, en rpm.

q = número de aplicaciones de carga por revolución.

$$L_{\text{sistema transmisión máq.perforadora}} = 48\,000\text{ h} \quad q = 1$$

$$N_{cPi1} = 60(L_{\text{sistema transmisión máq.perforadora}})(n_{Pi1})(q)$$

$$N_{cPi1} = 60(48\,000)(3\,600)(1)$$

$$N_{cPi1} = 1,0368 \times 10^{10}$$

$$N_{cEng1} = 60(L_{\text{sistema transmisión máq.perforadora}})(n_{Eng1})(q)$$

$$N_{cEng1} = 60(48\,000)(1\,378,72)(1)$$

$$N_{cEng1} = 3,9707136 \times 10^9$$

Con dichos valores de carga calculados, empleando la Figura 14, se determinó los factores por ciclos de esfuerzo para el engrane y el piñón.

Donde, se obtuvo lo siguiente:

$$Y_{NPi1} = 1,3558 N_{cPi1}^{-0,0178} \dots \text{(Ec. 36)}$$

$$Y_{NPi1} = 1,3558(1,0368 \times 10^{10})^{-0,0178}$$

$$Y_{NPi1} = 0,8993$$

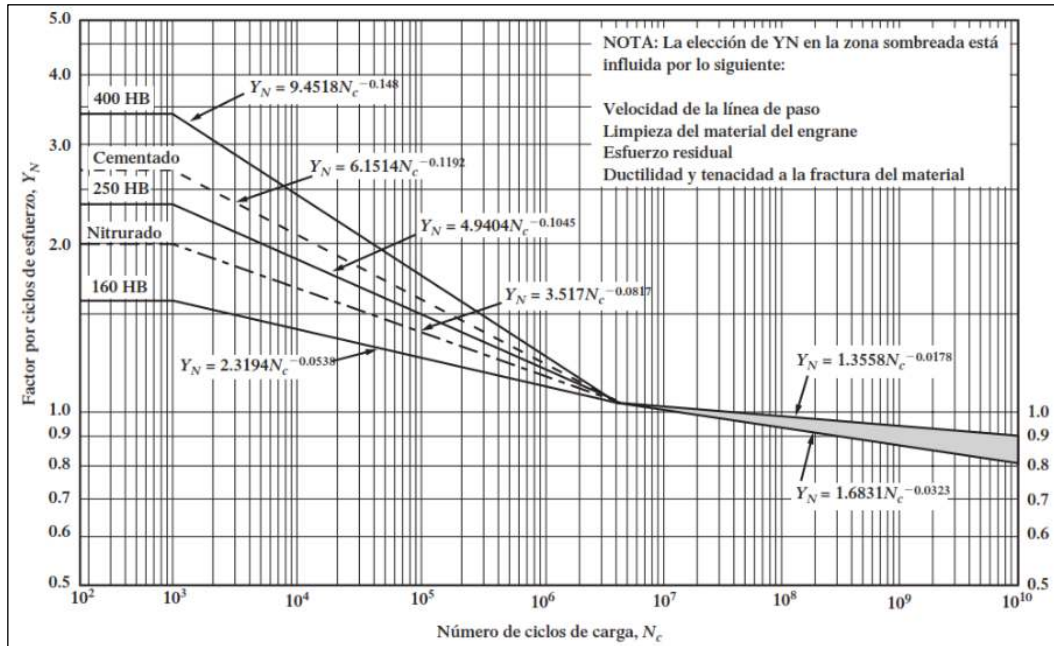
$$Y_{NEng1} = 1,3558 N_{cEng1}^{-0,0178}$$

$$Y_{NEng1} = 1,3558(3,9707136 \times 10^9)^{-0,0178}$$

$$Y_{NEng1} = 0,9148$$

Figura 14

Factor de resistencia flexionante por ciclos de esfuerzo



Nota: Obtenida de Mott (2006).

Con la Figura 15 se calculó el factor de resistencia a la picadura en función de los ciclos de esfuerzo para cada piñón y engrane, donde se obtuvo lo siguiente:

$$Z_{NPi1} = 1,4488 N_{cP1}^{-0,023} \dots (Ec. 37)$$

$$Z_{NPi1} = 1,4488(1,0368 \times 10^{10})^{-0,023}$$

$$Z_{NPi1} = 0,8524$$

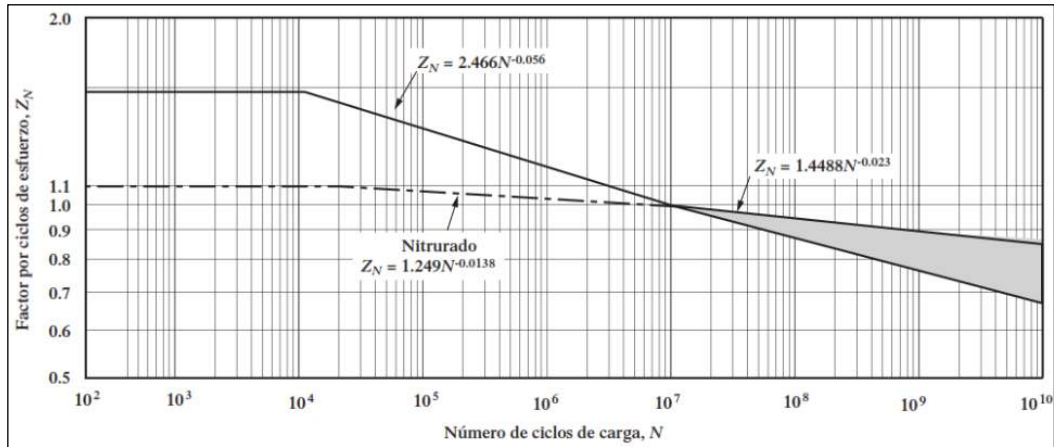
$$Z_{NEng1} = 1,4488 N_{cE1}^{-0,023}$$

$$Z_{NEng1} = 1,4488 (3,9707136 \times 10^9)^{-0,023}$$

$$Z_{NEng1} = 0,8714$$

Figura 15

Factor de resistencia a la picadura por ciclos de esfuerzo



Nota: Obtenida de Mott (2006).

Ahora, se calculó los esfuerzos flexionantes en el piñón y engrane, por lo que se obtuvo lo siguiente:

$$S_{tPi1} = \frac{W_{tr} P_d}{F J_P} K_o K_S K_m K_B K_v \dots \text{(Ec. 38)}$$

$$K_o = 1.75 \quad (\text{factor de sobrecarga})$$

$$K_S = 1 \quad (\text{factor de tamaño})$$

$$K_m = 1,19837 \quad (\text{factor de distribución de carga})$$

$$K_B = 1 \quad (\text{factor de espesor de orilla})$$

$$K_v = 1,1068 \quad (\text{factor dinámico})$$

$$J_P = 0,314 \quad (\text{factor geométrico para flexión})$$

$$W_{tr} = 245,10 \text{ lbf} \quad (\text{Carga transmitida})$$

$$F = 1.5 \text{ pulg.} \quad (\text{Ancho de cara})$$

$$S_{tPi1} = \frac{(245,10)(8)}{(1,50)(0,314)} (1,75)(1)(1,19837)(1)(1,1068)$$

$$S_{tPi1} = 9\,662,76 \text{ psi}$$

$$S_{tEng1} = S_{tPi1} \left(\frac{J_{Pi}}{J_{Eng}} \right) \dots (Ec. 39)$$

$$S_{tEng1} = (9\,662,76 \text{ psi}) \left(\frac{0,314}{0,394} \right)$$

$$S_{tEng1} = 7\,700,78 \text{ psi}$$

Seguidamente, se ajustaron los esfuerzos flexionantes, empleando la ecuación siguiente:

$$S_{atPi1} = S_{tPi1} \frac{K_R f_{serv}}{Y_{NPi1}} \dots (Ec. 40)$$

Donde:

$$K_R = 1 \quad (\text{factor de confiabilidad})$$

$$f_{serv} = 1.5 \quad (\text{factor de servicio})$$

$$Y_{NPi1} = 0,8993 \quad (\text{factor por ciclos de esfuerzo})$$

$$S_{atPi1} = (9\,662,76 \text{ psi}) \left(\frac{(1)(1,50)}{0,8993} \right)$$

$$S_{atPi1} = 16\,117,14 \text{ psi}$$

$$S_{atEng1} = S_{tEng1} \frac{K_R f_{serv}}{Y_{NEng1}} \dots (Ec. 41)$$

$$S_{atEng1} = (7\,700,78 \text{ psi}) \left(\frac{(1)(1,50)}{0,9148} \right)$$

$$S_{atEng1} = 12\,626,99 \text{ psi}$$

Los esfuerzos de contactos calculados en el piñón y en el engrane de la primera etapa, ya que es donde se concentran los máximos esfuerzos de contacto, son:

$$S_{c1} = C_P \sqrt{\frac{W_{tr} K_o K_S K_m K_v}{F D_P I}} \dots (Ec. 42)$$

Donde:

$$C_P = 2\,300 \text{ (Coeficiente elastico)}$$

$$I = 0,0982 \text{ (factor de geometria por picadura)}$$

$$S_{c1} = 2\,300 \text{ psi} \sqrt{\frac{(245,10)(1,75)(1)(1,19837)(1,1068)}{(1,50)(2,25)(0,0982)}}$$

$$S_{c1} = 95\,290,85 \text{ psi}$$

Posteriormente, se ajustaron los esfuerzos de contacto en el piñón y engrane de la primer etapa, donde se obtuvo los siguiente:

$$S_{acPi1} = S_{c1} \frac{K_R f_{servicio}}{Z_{NPi1}} \dots (Ec. 43)$$

Donde:

$$Z_{NPi1} = 0,8524 \text{ (factor de resistencia a la picadura del piñon)}$$

$$S_{acPi1} = (95\,290,85 \text{ psi}) \left(\frac{(1)(1,50)}{0,8524} \right)$$

$$S_{acPi1} = 167\,686,85 \text{ psi}$$

$$S_{acEng1} = S_{c1} \frac{K_R f_{serv}}{Z_{NEng1}} \dots (Ec. 44)$$

$$Z_{NEng1} = 0,8714 \text{ (factor de resistencia a la picadura del engrane)}$$

$$S_{acEng1} = (95\,290,85 \text{ psi}) \left(\frac{(1)(1,50)}{0,8714} \right)$$

$$S_{acEng1} = 164\,030,61 \text{ psi}$$

De la Figura 16 y Figura 17 se empleó la fórmula para determinar la dureza Brinell, para acero grado 2, donde se obtuvo lo siguiente:

$$HB = (S_{acPi1} - 34\,300) \left(\frac{1}{349} \right) \dots (\text{Ec. 45})$$

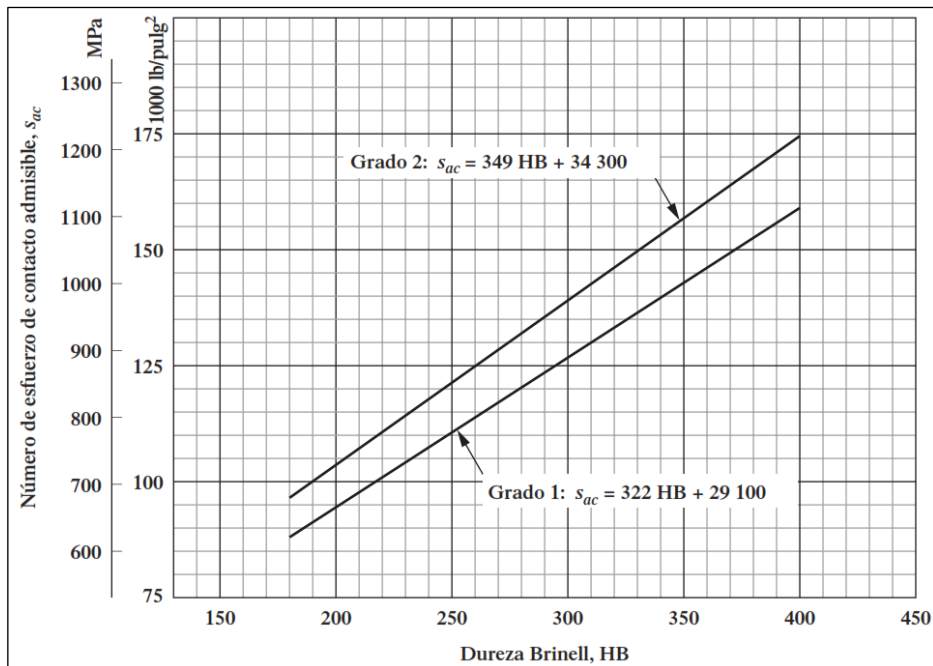
$$HB = (167\,686,85 - 34\,300) \left(\frac{1}{349} \right)$$

$$HB = 382,20$$

De acuerdo con lo calculado, se seleccionó un acero AISI 4140 grado 2, con una dureza Brinell de HB 388. Donde el esfuerzo de contacto para dicha dureza es de 169 712 psi, cumpliendo con lo requerido, ya que sobrepasa el esfuerzo de contacto esperado en el piñón más crítico en la primera etapa.

Figura 16

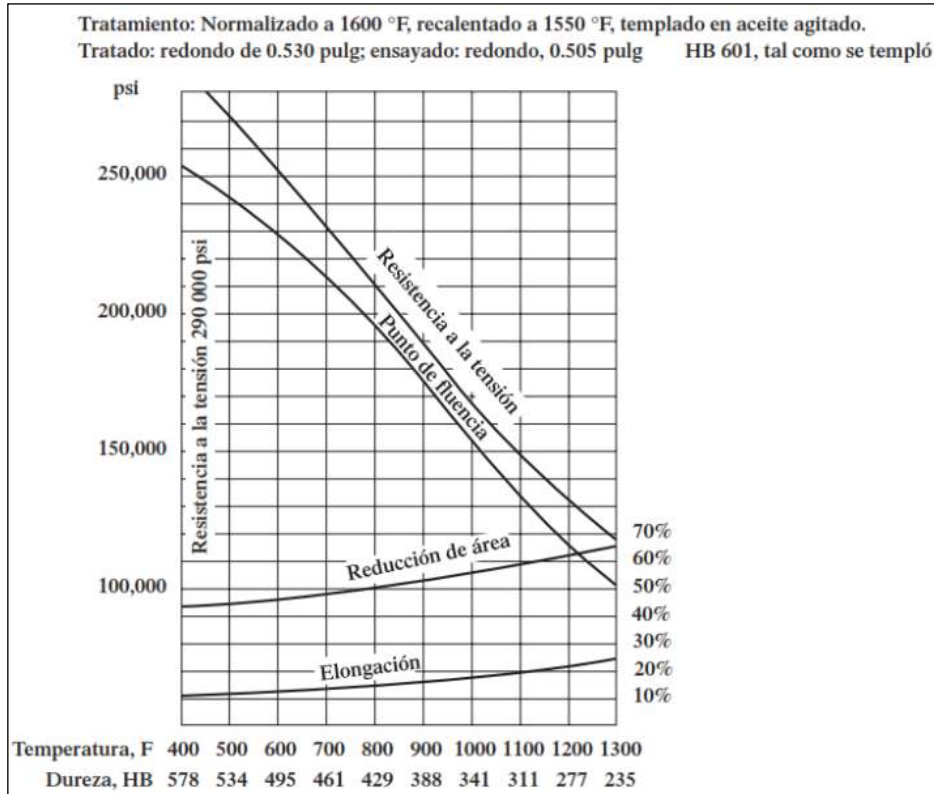
Esfuerzo de contacto admisible (Número Brinell).



Nota: Obtenida de Mott (2006).

Figura 17

Características del material acero AISI 4140



Nota: Obtenida de Mott (2006).

Engranajes rectos cónicos

La tercera y última etapa del sistema de transmisión contiene a engranajes rectos cónicos con la misma relación de transmisión corregida de 2,6111, considerando un paso diametral normalizado de 8, con un ángulo para la presión normal de 20°, para luego determinar los parámetros restantes, con eso se asegura el cambio de la transmisión de los ejes, teniendo un eje de entrada horizontal y un eje de salida vertical. Entonces:

$$\phi = 20^\circ$$

$$P_d = 8 \frac{\text{dientes}}{\text{pulgada}}$$

$$D_{pcr} = \frac{Z_{pcr}}{P_d} \dots (\text{Ec. 46})$$

$$D_{pcr} = \frac{18}{8}$$

$$D_{pcr} = 2,25 \text{ pulgadas} \approx 57,15 \text{ mm}$$

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{Z_{pcr}}{Z_{ecr}} \right) \dots (\text{Ec. 47})$$

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{18}{47} \right)$$

$$\gamma = 20,96^\circ$$

$$\Gamma = \tan^{-1} \left(\frac{Z_{ecr}}{Z_{gcr}} \right) \dots (\text{Ec. 48})$$

$$\Gamma = \tan^{-1} \left(\frac{47}{18} \right)$$

$$\Gamma = 69,04^\circ$$

$$A_0 = \frac{D_{pcr}}{2 \sin \gamma} \dots (\text{Ec. 49})$$

$$A_0 = \frac{2,25}{2 \sin(20,96^\circ)}$$

$$A_0 = 3,145 \text{ pulgadas} \approx 79,883 \text{ mm}$$

$$F = \min \left(0,3A_0; \frac{10}{P_d} \right) \dots (\text{Ec. 50})$$

$$F = \min \left(0,3(3,145); \frac{10}{8} \right)$$

$$F = \min(0,9435; 1,25)$$

$$F \approx 1,25 \text{ pulgadas} = 31,75 \text{ mm}$$

$$D_{ecr} = \frac{Z_{ecr}}{P_d}$$

$$D_{ecr} = \frac{47}{8}$$

$$D_{ecr} = 5,875 \text{ pulgadas} \approx 149,23 \text{ mm}$$

Cabe precisar que el material para la fabricación de los engranajes de dientes rectos cónicos es el mismo acero AISI 4140 con una dureza HB 388, que luego se comprueba con el análisis estático en SolidWorks.

Cálculo del eje

Para poder calcular el diámetro del eje, es necesario conocer las fuerzas, momento torsor y momento flexionante actuantes en toda su longitud, por lo tanto, se procedió de la siguiente manera:

$$v_t = \frac{\pi D_{pcr} n_{pcr}}{12} \dots (Ec. 51)$$

$$v_t = \frac{\pi(2,25)(528,02)}{12}$$

$$v_t = 311,03 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

$$W_t = 33\,000 \frac{P_{motor\ MCI\ real}}{v_t} \dots (Ec. 52)$$

$$W_t = 33\,000 \left(\frac{8,50\ HP}{311,03} \right)$$

$$W_t = 901,84 \text{ lbf} \approx 4\,011,58 \text{ N}$$

Par torsional:

$$T_{m\acute{a}q.perforadora} = \frac{W_t D_{pcr}}{2} \dots (Ec. 53)$$

$$T_{m\acute{a}q.perforadora} = \frac{(901,84 \text{ lbf})(2,25 \text{ pulgadas})}{2}$$

$$T_{m\acute{a}q.perforadora} = 1\,014,57 \text{ lbf.pulgada}$$

$$T_{m\acute{a}q.perforadora} = 111,45 Nm$$

La fuerza radial:

$$W_r = W_t \tan \phi \cos \Gamma \dots (Ec. 54)$$

$$W_r = (901,52 lbf)(\tan 20^\circ)(\cos 69,04^\circ)$$

$$W_r = 117,40 lbf \approx 522,20 N$$

La fuerza axial:

$$W_x = W_t \tan \phi \sin \Gamma \dots (Ec. 55)$$

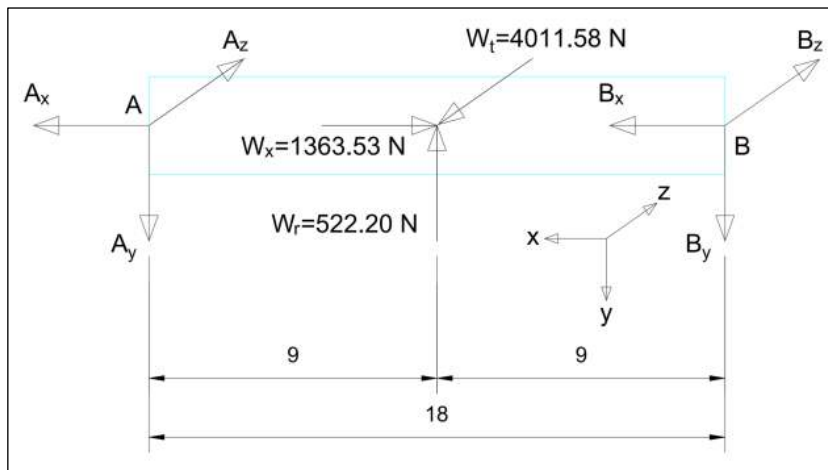
$$W_x = (901,52 lbf)(\tan 20^\circ)(\sin 69,04^\circ)$$

$$W_x = 306,53 lbf \approx 1363,52 N$$

Al graficar las fuerzas debido al piñón en el eje de transmisión, se obtiene la Figura 18 y con ello se puede calcular las fuerzas en los apoyos, que, al tener medidas simétricas, las fuerzas se distribuyen de manera simétrica.

Figura 18

Fuerzas actuantes debido al piñón en eje de transmisión

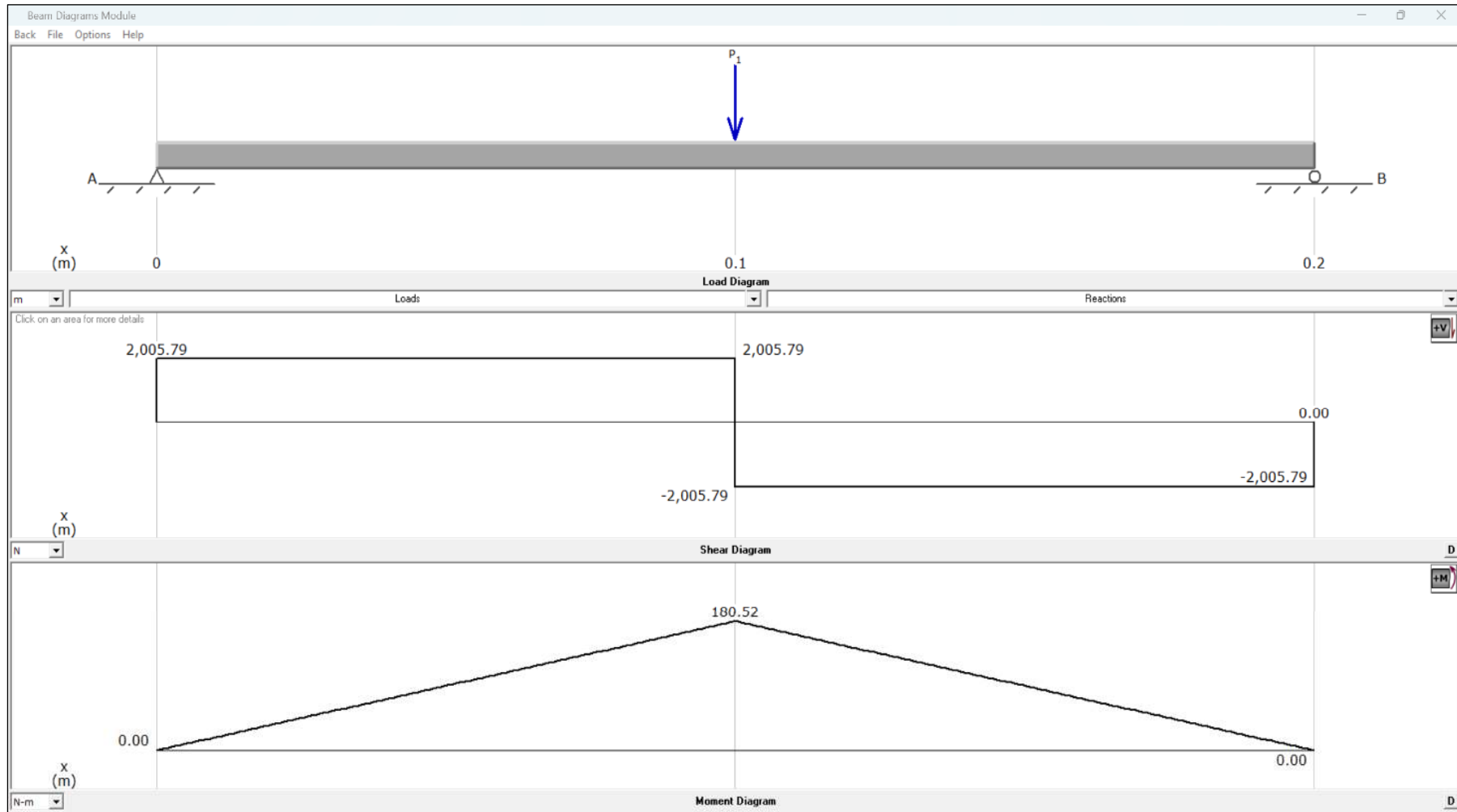


Nota: Elaboración propia del autor (AutoCAD 2025).

Luego de conocer las fuerzas, se continuó con la gráfica de fuerza cortante y momento flector para poder dimensionar el diámetro del eje, como se aprecia en la Figura 19 y Figura 20.

Figura 19

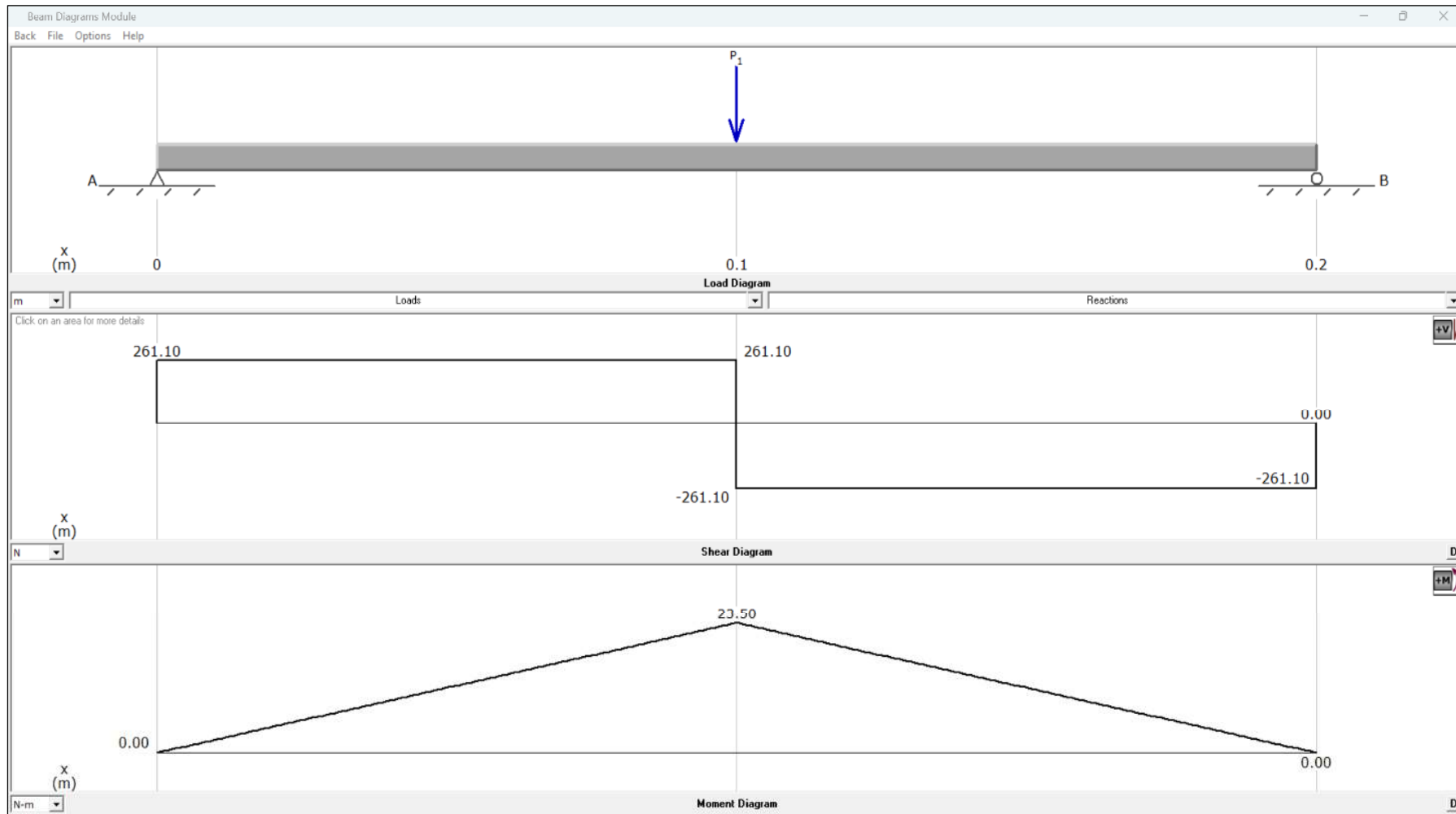
Esquemas de fuerza cortante y momento flector en el eje XZ para el eje



Nota: Elaboración propia del autor (AutoCAD 2025).

Figura 20

Esquemas de fuerza cortante y momento flector en el eje XY para el eje



Nota: Elaboración propia del autor (AutoCAD 2025).

De la Figura 19 y Figura 20, se logra obtener que el máximo momento flexionante:

$$M_{xy} = 23,50 \text{ Nm}$$

$$M_{xz} = 180,52 \text{ Nm}$$

$$M_{m\acute{a}x} = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2} \dots (\text{Ec. 56})$$

$$M_{m\acute{a}x} = 182,04 \text{ Nm}$$

Ahora, también se debe considerar el momento torsionante que actúa en el eje, que es de:

$$T_{m\acute{a}x} = 111,45 \text{ Nm}$$

Seleccionando un acero AISI 4130 T y R para la fabricación del eje, donde sus características mecánicas son:

$$S_u = 1\,630 \text{ MPa}$$

$$S_y = 1\,460 \text{ MPa}$$

$$S_n = 730 \text{ MPa}$$

Aplicando el método descrito en la bibliografía de Budynas & Nisbett (2018):

Teniendo en cuenta una confiabilidad de 99%:

$$C_R = 0,814$$

El parámetro de acuerdo al tamaño debido a la resistencia a la fatiga:

$$C_S = 0,75$$

Por tanto, se obtiene una modificación en la resistencia:

$$S'_n = S_n C_R C_S \dots (\text{Ec. 57})$$

$$S'_n = 445,665 \text{ MPa}$$

Empleando un factor de seguridad para un correcto diseño, pero teniendo en cuenta no tener un sobredimensionamiento y considerando un factor de concentración de esfuerzos de 1.6 debido a las cuñas en el eje en referencia con Budynas & Nisbett (2018):

$$N = 2,50$$

$$K_t = 1,6$$

$$D_{eje \text{ transmisión}} = \left[\left(\frac{32 N}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{K_t M_{m\acute{a}x}}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \dots (Ec. 58)$$

$$D_{eje \text{ transmisión}} = 0,0355748 \text{ m}$$

$$D_{eje \text{ transmisión}} \approx 36 \text{ mm}$$

Para la resistencia a la flexión se toma en cuenta:

$$f_{seg} = 2,50$$

$$\sigma_x = \frac{S_y}{f_{seg}} \dots (Ec. 59)$$

$$\sigma_x = 584 \text{ MPa}$$

$$D_{eje \text{ flexión}} = \sqrt[3]{\frac{32 M_{m\acute{a}x}}{\pi \sigma_x}} \dots (Ec. 60)$$

$$D_{eje \text{ flexión}} = 0,0146979 \text{ m}$$

$$D_{eje \text{ flexión}} \approx 15 \text{ mm}$$

Para la resistencia a la torsión se tuvo en cuenta:

$$\tau_{xy} = \frac{S_y}{f_{seg}} \dots (Ec. 61)$$

$$\tau_{xy} = 584 \text{ MPa}$$

$$D_{\text{eje torsión}} = \sqrt[3]{\frac{16 T_{\text{máx}}}{\pi \tau_{xy}}} \dots (\text{Ec. 62})$$

$$D_{\text{eje torsión}} = 0,0099055 \text{ m}$$

$$D_{\text{eje torsión}} \approx 10 \text{ mm}$$

Para determinar el diámetro del eje debido al esfuerzo cortante, se emplea el máximo generado en toda la longitud, teniendo:

$$V_{xy} = 261,10 \text{ N}$$

$$V_{xz} = 2\,005,79 \text{ N}$$

$$V_{\text{máx}} = \sqrt{V_{xy}^2 + V_{xz}^2} \dots (\text{Ec. 63})$$

$$V_{\text{máx}} = 2\,119,78 \text{ N}$$

$$D_{\text{eje cortante}} = \sqrt{\frac{8 |V_{\text{máx}}|}{3 \tau_{\text{diseño}}}} \dots (\text{Ec. 65})$$

$$D_{\text{eje cortante}} = 0,003311116 \text{ m}$$

$$D_{\text{eje cortante}} \approx 4 \text{ mm}$$

Diseño por fatiga

Para este apartado se utilizó el método descrito en la bibliografía de Budynas & Nisbett (2018), considerando lo que sigue:

$$S_{ut} = S_u = 236 \text{ ksi}$$

$$S_{ut} = 1627,16 \text{ MPa}$$

Como el material empleado para el eje posee un esfuerzo de fluencia último superior a 200 ksi, que al utilizar la Figura 21 se obtiene:

$$S'_e = 700 \text{ MPa}$$

Figura 21

Parámetros para determinar la resistencia a la fatiga

$$S'_e = \begin{cases} 0.5 S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

Nota: Obtenida de Budynas & Nisbett (2018).

Factor de superficie

Para un buen acabado del eje, se tuvo en consideración que sea laminado en frío o maquinado, que al aplicar la Tabla 22, se emplearon los factores:

$$a = 4,51$$

$$b = -0,265$$

Tabla 22

Parámetros para el acabado superficial

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S _{ut} (kpsi)	S _{ut} (MPa)	
Esmerilado	1,34	1,58	-0,085
Maquinado o laminado en frío	2,70	4,51	-0,265
Laminado en caliente	14,4	57,7	-0,718
Como sale de la forja	39,9	272,0	-0,995

Nota: Obtenida de Budynas & Nisbett (2018).

Al reemplazarlos en la ecuación:

$$k_a = a S_u^b \dots (\text{Ec. 66})$$

$$k_a = 4,51(1 627,16)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,6355$$

Factor de tamaño:

Para determinar este parámetro, se emplea el diámetro del eje antes calculado, que fue de 0,36 m o 36 mm y la figura 22, obteniendo:

Figura 22

Fórmulas para estimar el parámetro de tamaño para ejes

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Nota: Obtenida de Budynas & Nisbett (2018).

Aplicando la fórmula respectiva:

$$k_b = 1,24 d^{-0,107} \dots (\text{Ec. 67})$$

$$k_b = 1,24(36)^{-0,107}$$

$$k_b = 0,8451$$

Factor de carga:

Para el factor de carga Figura 23, se debe considerar que cargas o fuerzas actúan en el eje, y para el caso en estudio, tiene las 3 y por ello se escoge el factor más bajo, que es para torsión, teniendo:

Figura 23

Factores para factor de carga dependiendo del tipo de carga

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Nota: Obtenida de Budynas & Nisbett (2018).

$$k_c = 0,59$$

Factor de temperatura:

Cabe precisar que la temperatura que se asume pueda alcanzar el eje de la caja de transmisión y los demás que sean necesarios, fue de 100°C, que al utilizar la Tabla 23 se obtiene un factor correspondiente a dicha temperatura de 1,020, por tanto:

Tabla 23*Parámetros de acuerdo a la temperatura que trabaja el eje*

Temperatura (°C)	S _R /S _{RT}	Temperatura (°F)	S _T /S _{RT}
20	1,000	70	1,000
50	1,010	100	1,008
100	1,020	200	1,020
150	1,025	300	1,024
200	1,020	400	1,018
250	1,000	500	0,995
300	0,975	600	0,963
350	0,943	700	0,927
400	0,900	800	0,872
450	0,843	900	0,797
500	0,768	1 000	0,698
550	0,672	1 100	0,567
600	0,549		

Nota: Obtenida de Budynas & Nisbett (2018).

$$k_d = 1,020$$

Factor de confiabilidad:

Para una confiabilidad de 99%, y empleando la Tabla 24 se tiene un factor de:

$$k_e = 0,814$$

Tabla 24*Parámetros para estimar la confiabilidad*

Confiabilidad (%)	Variación de transformación (z _a)	Factor de confiabilidad (k _e)
50	0	1,000
90	1,288	0,897
95	1,645	0,868
99	2,326	0,814
99,9	3,091	0,753
99,99	3,719	0,702
99,999	4,265	0,659
99,9999	4,753	0,620

Nota: Obtenida de Budynas & Nisbett (2018).

Factor de efectos varios:

$$K_t = 1,60$$

$$q = 0,85$$

$$k_f = 1 + q (K_t - 1) \dots (Ec. 68)$$

$$k_f = 1,51$$

El límite de resistencia a la fatiga es:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \dots (Ec. 69)$$

$$S_e = 278,10 \text{ MPa}$$

Esfuerzo debido a la flexión:

$$\sigma_x = \frac{32 M_{\text{máx}}}{\pi D_{\text{eje}}^3} \dots (Ec. 70)$$

$$\sigma_x = 39,74 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante debido a la torsión:

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi D_{\text{eje}}^3} \dots (Ec. 71)$$

$$\tau_{xy} = 12,17 \text{ MPa}$$

Solución estática:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2} \dots (Ec. 72)$$

$$\sigma_{eq} = 41,56 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad debido al diseño por fatiga es:

$$FS_f = \frac{S_e}{\sigma_{eq}} \dots (Ec. 73)$$

$$FS_f = 6,69$$

Continuando con los cálculos, las medidas de cada eje deben ser:

Eje 1: 21 mm con factor de seguridad FS_f de 9,59.

Eje 2: 26 mm con factor de seguridad FS_f de 6,81.

Eje 3: 36 mm con factor de seguridad FS_f de 6,69.

Eje 4: 36 mm con factor de seguridad FS_f de 2,56.

Cada eje tiene una cuña cuadrada con dimensiones establecidas para el montaje de cada piñón y engranaje en el mismo, empleando la Tabla 25.

Tabla 25

Tamaños para la cuña en relación al diámetro del eje

Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 ¹ / ₄	1/4	1/4	3/16
1 ¹ / ₄	1 ³ / ₈	5/16	5/16	1/4
1 ³ / ₈	1 ¹ / ₂	3/8	3/8	1/4
1 ³ / ₄	2 ¹ / ₄	1/2	1/2	3/8
2 ¹ / ₄	2 ³ / ₄	5/8	5/8	7/16
2 ³ / ₄	3 ¹ / ₄	3/4	3/4	1/2
3 ¹ / ₄	3 ³ / ₄	7/8	7/8	5/8
3 ³ / ₄	4 ¹ / ₂	1	1	3/4
4 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	7/8
5 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1
6 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂	1 ³ / ₄	1 ³ / ₄	1 ¹ / ₂
7 ¹ / ₂	9	2	2	1 ¹ / ₂
9	11	2 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	1 ³ / ₄
11	13	3	3	2
13	15	3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂
15	18	4		3
18	22	5		3 ¹ / ₂
22	26	6		4
26	30	7		5

Nota: Obtenida de Mott (2006).

Por tanto, al emplear cuñas cuadradas para cada eje, se tiene lo siguiente:

Eje 1: diámetro de 21 mm con cuña cuadrada de 4,7625 mm por lado (3/16 pulgadas).

Eje 2: diámetro de 26 mm con cuña cuadrada de 6,35 mm por lado (1/4 pulgadas).

Eje 3: diámetro de 36 mm con cuña cuadrada de 9,525 mm por lado (3/8 pulgadas).

Eje 4: diámetro de 36 mm con cuña cuadrada de 9,525 mm por lado (3/8 pulgadas).

Ahora, se debe corroborar que la longitud de las cuñas es menor al ancho de los engranajes para su montaje, teniendo lo siguiente:

Para el eje 1:

Dicho eje tiene un momento par de:

$$T_{eje\ 1} = 157,56\ lbf \cdot pulg$$

Considerando un factor de seguridad N igual a 3, sugerido por Mott (2006):

$$N_{seguridad\ eje\ 1} = 3$$

El diámetro del eje 1 es de 21 mm o 0,8268 pulgadas:

$$D_{eje\ 1} = 21\ mm \approx 0,8268\ pulgadas$$

El ancho y alto de la cuña es de 3/16 pulgadas o 0,1875 pulgadas:

$$W_{eje\ 1} = 0,1875\ pulgadas$$

Considerando un acero AISI 8650 OQT 1000, con un límite de fluencia de 51 000 psi.

$$S_y = 51\ 000\ psi$$

Al aplicar la ecuación respectiva para determinar la longitud de la cuña:

$$L_{cuña eje 1} = \frac{4T_{eje 1}N_{seguridad eje 1}}{D_{eje 1}W_{eje 1}S_y} \dots (Ec. 74)$$

Al reemplazar la información correspondiente:

$$L_{cuña eje 1} = \frac{4(157,56)(3)}{(0,8268)(0,1875)(51\ 000)}$$

$$L_{cuña eje 1} = 0,2391 \text{ pulgadas}$$

Al emplear la misma metodología para los ejes restantes, se obtiene la Tabla 26, que detalla el resumen de las cuñas cuadradas empleadas para cada uno.

Tabla 26

Resumen de las cuñas cuadradas a emplear para los ejes del sistema de transmisión

Eje	Diámetro	Momento par (lbf. pulg)	Ancho cuña	Alto cuña	Longitud de la cuña calculada	Longitud de la cuña recomendada
1	21 mm (0,8268")	157,56	3/16"	3/16"	0,2391	1,25 pulgadas
2	26 mm (1,0236")	388,56	1/4"	1/4"	0,3573	1,25 pulgadas
3	36 mm (1,4173")	1 074,26	3/8"	3/8"	0,4756	1,25 pulgadas
4	36 mm (1,4173")	2 805,01	3/8"	3/8"	1,2418	1,25 pulgadas

Nota: Elaboración propia.

Selección de rodamientos para transmisión

Tomando como referencia a lo explicado en el catálogo de rodamientos SKF (2019), al existir fuerzas radiales y axiales que actúan en el eje es importante utilizar rodamientos rígidos de una hilera de bolas, y al aplicar el método que indican para poder seleccionar el rodamiento adecuado, se tuvo:

Soporte A

$$A_x = 1\ 363,52\ N$$

$$A_y = 261,10\ N$$

$$A_z = 2\ 005,79\ N$$

Cabe indicar que la fuerza radial sucede en los ejes Y e Z y la fuerza axial en el eje X, de acuerdo con los cálculos obtenidos con MDSolids:

$$A_{radial} = \sqrt{A_y^2 + A_z^2} \dots (Ec. 75)$$

$$A_{radial} = 2022,71 \text{ N}$$

$$A_{radial} \approx 2,02271 \text{ kN}$$

$$A_{axial} = A_x = 1,36352 \text{ kN}$$

Calculando la relación entre la fuerza axial y radial:

$$\frac{A_{axial}}{A_{radial}} = 0,6741 \dots (Ec. 76)$$

Considerando que el diámetro del eje donde se sostienen los rodamientos es de 35 mm, se seleccionó un rodamiento 6407, con 100 mm de diámetro exterior y 25 mm de ancho, con las características siguientes:

$$C = 55,30 \text{ kN}$$

$$C_o = 31 \text{ kN}$$

$$f_0 = 12$$

Utilizando el factor f_0 para obtener la relación corregida:

$$f_0 \frac{A_{axial}}{C_o} = 12 \left(\frac{1,36352 \text{ kN}}{31 \text{ kN}} \right)$$

$$f_0 \frac{A_{axial}}{C_o} = 0,5278$$

Obteniendo el valor de "e" mediante interpolación:

$$e = 0,2413$$

Que, al compararse con la relación de las fuerzas axial y radial, se obtiene

que el valor de “e” es inferior, por tanto, se debe calcular los valores de X e Y, procediendo como sigue:

$$X = 0,56$$

$$Y = 1,8412$$

Reemplazando dichos parámetros y las fuerzas respectivas en la ecuación:

$$P_{rodamiento} = X A_r + Y A_a \dots (Ec. 77)$$

$$P_{rodamiento} = (0,56)(2,02271 \text{ kN}) + (1,8412)(1,36352 \text{ kN})$$

$$P_{rodamiento} = 3,6432 \text{ kN}$$

La fuerza equivalente que debe soportar el rodamiento es de 3,6432 kN. Al continuar con los cálculos necesarios, es importante que los rodamientos logren llegar a la vida esperada que es de 48 000 horas, entonces:

$$p = 3$$

Rodamientos eje 1

$$n_{eje \text{ rod } 1} = 3 \text{ 600 rpm}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 n_{eje \text{ rod } 1}} \right) \left(\frac{C_{rodamiento}}{P_{rodamiento}} \right)^p \dots (Ec. 78)$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60(3 \text{ 600 rpm})} \right) \left(\frac{13,50 \text{ kN}}{0,5557 \text{ kN}} \right)^3$$

$$L_{10h} = 66 \text{ 390,25 h}$$

Rodamiento 6204 para eje 1.

Rodamientos eje 2

$$n_{eje \text{ rod } 2} = 1 \text{ 378,73 rpm}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60n_{\text{eje rod 2}}} \right) \left(\frac{C_{\text{rodamiento}}}{P_{\text{rodamiento}}} \right)^p$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60(1378,73 \text{ rpm})} \right) \left(\frac{23,40 \text{ kN}}{1,3939 \text{ kN}} \right)^3$$

$$L_{10h} = 57194,42 \text{ h}$$

Rodamiento 6305 para eje 2.

Rodamientos eje 3

$$n_{\text{eje rod 3}} = 528,03 \text{ rpm}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60n_{\text{eje rod 3}}} \right) \left(\frac{C_{\text{rodamiento}}}{P_{\text{rodamiento}}} \right)^p$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60(528,03 \text{ rpm})} \right) \left(\frac{55,30 \text{ kN}}{3,6432 \text{ kN}} \right)^3$$

$$L_{10h} = 110386,00 \text{ h}$$

Rodamiento 6407 para eje 3.

Rodamientos eje 4

$$n_{\text{eje rod 4}} = 202,22 \text{ rpm}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60n_{\text{eje rod 4}}} \right) \left(\frac{C_{\text{rodamiento}}}{P_{\text{rodamiento}}} \right)^p$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60(202,22 \text{ rpm})} \right) \left(\frac{35,10 \text{ kN}}{4,1425 \text{ kN}} \right)^3$$

$$L_{10h} = 50138,76 \text{ h}$$

Rodamiento 6307, en pares por apoyo para eje 4.

Los cuales cumplen con el requisito de horas de operación y carga de diseño.

Resumiendo, la información en la Tabla 27.

Tabla 27

Resumen de información de los rodamientos seleccionados para la transmisión

Eje	Rodamiento	f_0	C (kN)	C_0 (kN)	Horas de vida estimadas	Diámetro interior (mm)	Ancho (mm)	Diámetro exterior (mm)
1	6204	13	13,50	6,60	66 390,25	20	14	47
2	6305	12	23,40	11,60	57 194,42	25	17	62
3	6407	12	55,30	31,00	110 386,00	35	25	100
4	6307 (2 pares)	13	35,10	19,00	50 138,76	35	21	80

Nota: Elaboración propia.

Siendo necesarios dos rodamientos SKF 6204 para el eje 1, dos rodamientos SKF 6305 para el eje 2, dos rodamientos SKF 6407 para el eje 3 y cuatro rodamientos SKF 6307 para eje 4.

Cálculo del eje para barrenos o brocas

La fuerza de penetración es de 4 382,08 N, dato importante para obtener el área de corte de las brocas, considerando un factor de seguridad de 3 y un acero 1045 estirado en frío con un límite elástico de 530 MPa, se obtuvo:

$$S_{elástico} = 530 \text{ MPa}$$

$$FS_{broca} = 3$$

$$\sigma_{diseño.broca} = \frac{S_{elástico}}{FS_{broca}} \dots (Ec. 79)$$

$$\sigma_{diseño.broca} = \frac{530 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_{diseño.broca} = 176,667 \text{ MPa}$$

Entonces, al usar MDSolids v3.5 se obtiene la Figura 22 donde se pueden ver los esquemas de fuerza cortante y momento flector para el eje de la broca más grande, donde todas las brocas tienen una longitud total de 0,60 metros:

$$M_{máx.eje.broca} = 2 629,25 \text{ Nm}$$

Cabe indicar que se ha considerado lo siguiente:

$$D_{broca.ext} = d$$

$$D_{broca.int} = 0,60 d$$

Con la ecuación:

$$\sigma_{diseño.broca} = \frac{M_{máx.eje.broca} D_{broca.ext}}{2 \left[\frac{\pi}{64} (D_{broca.ext}^4 - D_{broca.int}^4) \right]} \dots (Ec. 80)$$

Aplicando la ecuación respectiva:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 M_{máx.eje.broca}}{0,8704 \pi \sigma_{diseño.broca}}} \dots (Ec. 81)$$

Al sustituir:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32(2\,629,25 \text{ Nm})}{0,8704 \pi \left(176,667 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)}}$$

$$d = 0,05585 \text{ m}$$

$$d = 56 \text{ mm}$$

Entonces:

$$D_{broca.ext} = 56 \text{ mm}$$

$$D_{broca.int} = 0,60 (56 \text{ mm})$$

$$D_{broca.int} = 33,60 \text{ mm}$$

El diámetro del pasador considerando la broca de 10 cm de diámetro con hélice, considerando lo siguiente:

$$\tau_{acero \text{ pasador}} = 634,318 \text{ MPa}$$

$$F_{\text{cortante broca 10 cm}} = 701,13 \text{ N}$$

$$\tau_{\text{diseño pasador}} = \frac{\tau_{\text{acero pasador}}}{\text{factor}_{\text{seguridad}}}$$

$$\tau_{\text{diseño pasador}} = \frac{634,318 \text{ MPa}}{10}$$

$$\tau_{\text{diseño pasador}} = 63,4318 \text{ MPa}$$

Reemplazando los datos en la ecuación:

$$D_{\text{pasador broca 10 cm}} = \sqrt{\frac{2F_{\text{cortante broca 10 cm}}}{\pi\tau_{\text{diseño pasador}}}} \dots (\text{Ec. 82})$$

$$D_{\text{pasador broca 10 cm}} = \sqrt{\frac{2(701,13 \text{ N})}{\pi \left(63,4318 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)}}$$

$$D_{\text{pasador broca 10 cm}} = 0,003 \text{ m} \approx 3 \text{ mm}$$

Calculando el resto de pasadores:

Broca de 15 cm

$$D_{\text{pasador broca 15 cm}} = \sqrt{\frac{2F_{\text{cortante broca 10 cm}}}{\pi\tau_{\text{diseño pasador}}}}$$

$$D_{\text{pasador broca 15 cm}} = \sqrt{\frac{2(1\,577,55 \text{ N})}{\pi \left(63,4318 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)}}$$

$$D_{\text{pasador broca 15 cm}} = 0,004 \text{ m} \approx 4 \text{ mm}$$

Broca de 20 cm

$$D_{\text{pasador broca 20 cm}} = \sqrt{\frac{2F_{\text{cortante broca 10 cm}}}{\pi\tau_{\text{diseño pasador}}}}$$

$$D_{\text{pasador broca 20 cm}} = \sqrt{\frac{2(2\,804,53\text{ N})}{\pi \left(63,4318 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)}}$$

$$D_{\text{pasador broca 20 cm}} = 0,006\text{ m} \approx 6\text{ mm}$$

Broca de 25 cm

$$D_{\text{pasador broca 25 cm}} = \sqrt{\frac{2F_{\text{cortante broca 10 cm}}}{\pi \tau_{\text{diseño pasador}}}}$$

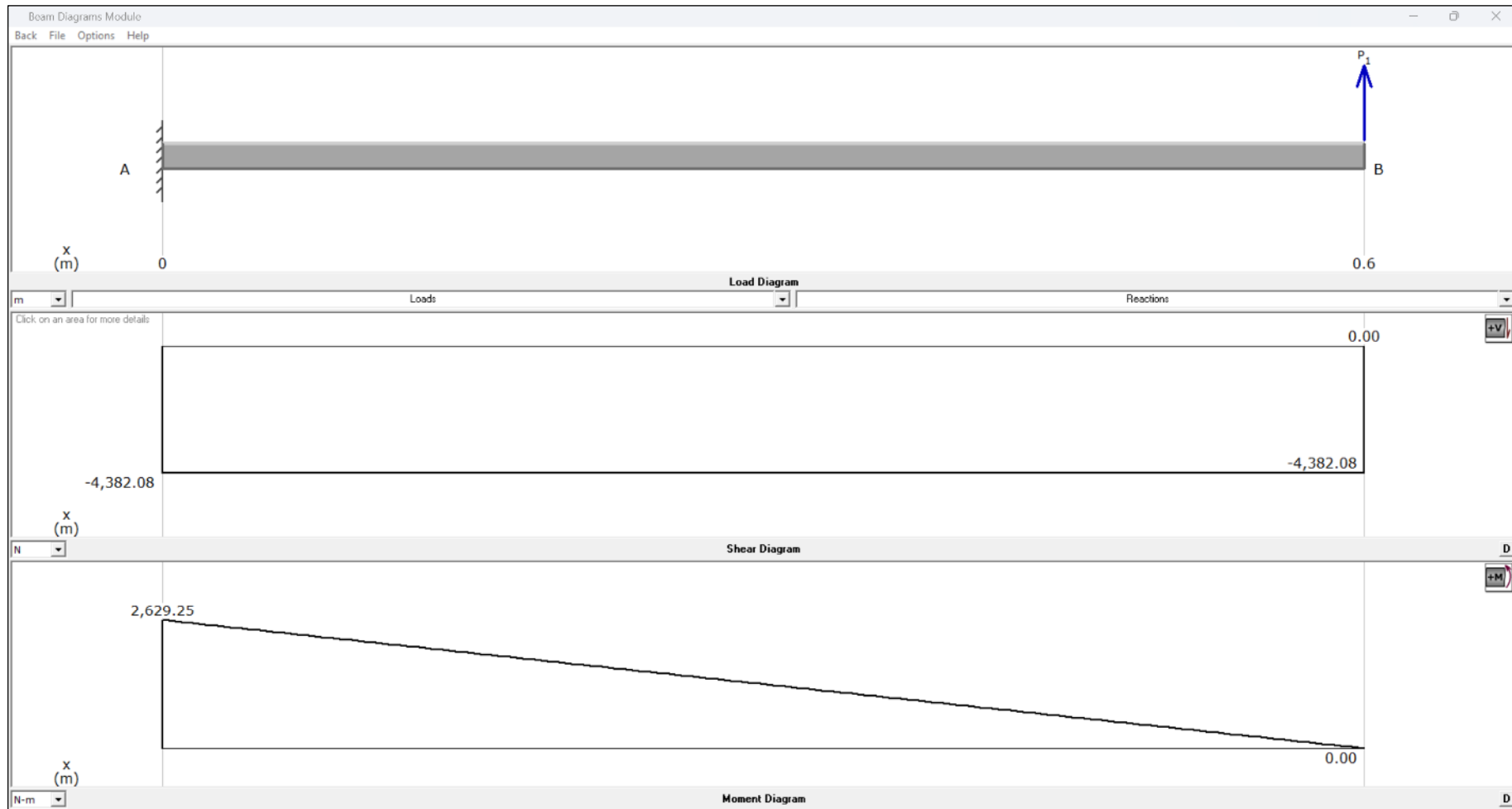
$$D_{\text{pasador broca 25 cm}} = \sqrt{\frac{2(4\,380,29\text{ N})}{\pi \left(63,4318 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)}}$$

$$D_{\text{pasador broca 25 cm}} = 0,007\text{ m} \approx 7\text{ mm}$$

Pero cabe precisar, que para todas las brocas se emplea un pasador de 10 mm para poder acoplarse al eje de salida del sistema de transmisión de la máquina perforadora multipropósito.

Figura 24

Esquemas de carga cortante y momento flexionante para eje de broca (D=0.25 m)



Nota: Obtenida de MDSolids v3.5.

Al aplicar la misma metodología a las demás brocas, se obtuvo como resumen la Tabla 28, donde se observa el diámetro de cada tipo de broca, tanto exterior como interior.

Tabla 28

Resumen de datos obtenidos para dimensionamiento de brocas/barrenos

Barreno/Broca	F_{penetración}	Momento máximo	Diámetro interior	Diámetro exterior	Diámetro de pasador
10 cm	701,13 N	420,68 Nm	0,0186 m	0,031 m	10 mm
15 cm	1 577,55 N	946,53 Nm	0,0240 m	0,040 m	10 mm
20 cm	2 804,53 N	1 682,72 Nm	0,0294 m	0,049 m	10 mm
25 cm	4 382,08 N	2 629,25 Nm	0,0336 m	0,056 m	10 mm

Nota: Elaboración propia.

Por tanto, para la broca de 10 cm de diámetro se debe emplear un eje de 31 mm, para la broca de 15 cm de diámetro se debe utilizar un eje de 40 mm, para la broca de 20 cm de diámetro un eje de 49 mm y para la broca de 25 cm un eje de 56 mm.

Dimensionamiento de eje para cardan

Para poder acoplar el cardan al eje del motor y al eje de entrada del sistema de transmisión, es necesario utilizar un eje hueco, pero considerando que el diámetro interior debe ser de 21 mm, ya que prácticamente es el eje que se acopla al motor y debe tener la misma medida interior, procediendo a calcular el diámetro exterior de la siguiente manera:

$$M_{m\acute{a}x} = 182,04 \text{ Nm}$$

$$M_{m\acute{a}x.eje.cardan} = M_{m\acute{a}x}$$

$$M_{m\acute{a}x.eje.cardan} = 182,04 \text{ Nm}$$

Considerando un factor de seguridad de 5 y un acero 1045 estirado en frío con un límite elástico de 530 MPa, se obtuvo:

$$S_{elástico} = 530 \text{ MPa}$$

$$FS_{eje.cardan} = 5$$

$$\sigma_{diseño.cardan} = \frac{S_{elástico}}{FS_{eje.cardan}} \dots (Ec. 83)$$

$$\sigma_{diseño.broca} = \frac{530 \text{ MPa}}{5}$$

$$\sigma_{diseño.broca} = 106 \text{ MPa}$$

Cabe indicar que se ha considerado lo siguiente:

$$D_{eje.cardan.ext} = D$$

$$D_{eje.cardan.int} = 0,021 \text{ m}$$

Con la ecuación:

$$\sigma_{diseño.cardan} = \frac{M_{máx.eje.cardan} D_{eje.cardan.ext}}{2 \left[\frac{\pi}{64} (D_{eje.cardan.ext}^4 - D_{eje.cardan.int}^4) \right]} \dots (Ec. 84)$$

Reemplazando la información respectiva:

$$106 \times 10^6 \frac{N}{m^2} = \frac{(182,04 \text{ Nm})(D_{eje.cardan.ext})}{2 \left[\frac{\pi}{64} (D_{eje.cardan.ext}^4 - (0,021 \text{ m})^4) \right]}$$

Que al resolver se obtuvo:

$$D_{eje.cardan.ext} = D$$

$$D_{eje.cardan.ext} = 0,028931 \text{ m}$$

Por tanto, el diámetro exterior del eje del cardan debe ser de 0,029 m o 29 mm para satisfacer los requerimientos de diseño.

Cálculos en el taladrado

Para llevar a cabo estos cálculos es necesario tener en cuenta la velocidad de corte, velocidad de rotación de la broca, el avance, y el tiempo de taladrado todos estos datos se relacionan mediante la siguiente fórmula:

$$V_c(mm/min) = \frac{N(rpm) * \pi * D(mm)}{1\ 000} \dots (Ec. 85)$$

Donde:

V_c : Velocidad mínima de perforado [cm/min]

N : Revoluciones de la broca [rpm]

D : Diámetro de la broca [mm]

Para nuestro análisis tomaremos el diámetro mayor es decir 25cm

$$V_c(mm/min) = \frac{200rpm * \pi * 250mm}{1\ 000}$$

$$V_c(mm/min) = \frac{200rpm * \pi * 250mm}{1\ 000}$$

$$V_c(mm/min) = 157,08mm$$

Llevando esto a cm tendremos una velocidad de corte de 15,708 cm de perforado por minuto.

$$V_c(cm/min) = 15,708cm$$

Modelado y simulación estática de piezas para máquina perforadora

Una vez que se ha obtenido todo el diseño de las piezas que conforman a la máquina perforadora, es necesario modelar una por una empleando un software CAD/CAE como es el caso de SolidWorks y que se van a ir presentando a continuación:

Modelado y simulación estática de piñón de 18 dientes

Para el piñón de engranes rectos con 18 dientes, se seleccionó un acero AISI 4340 normalizado, disponible en la galería del programa, que luego de hacer las configuraciones necesarias, se procedió con el análisis estático, obteniendo:

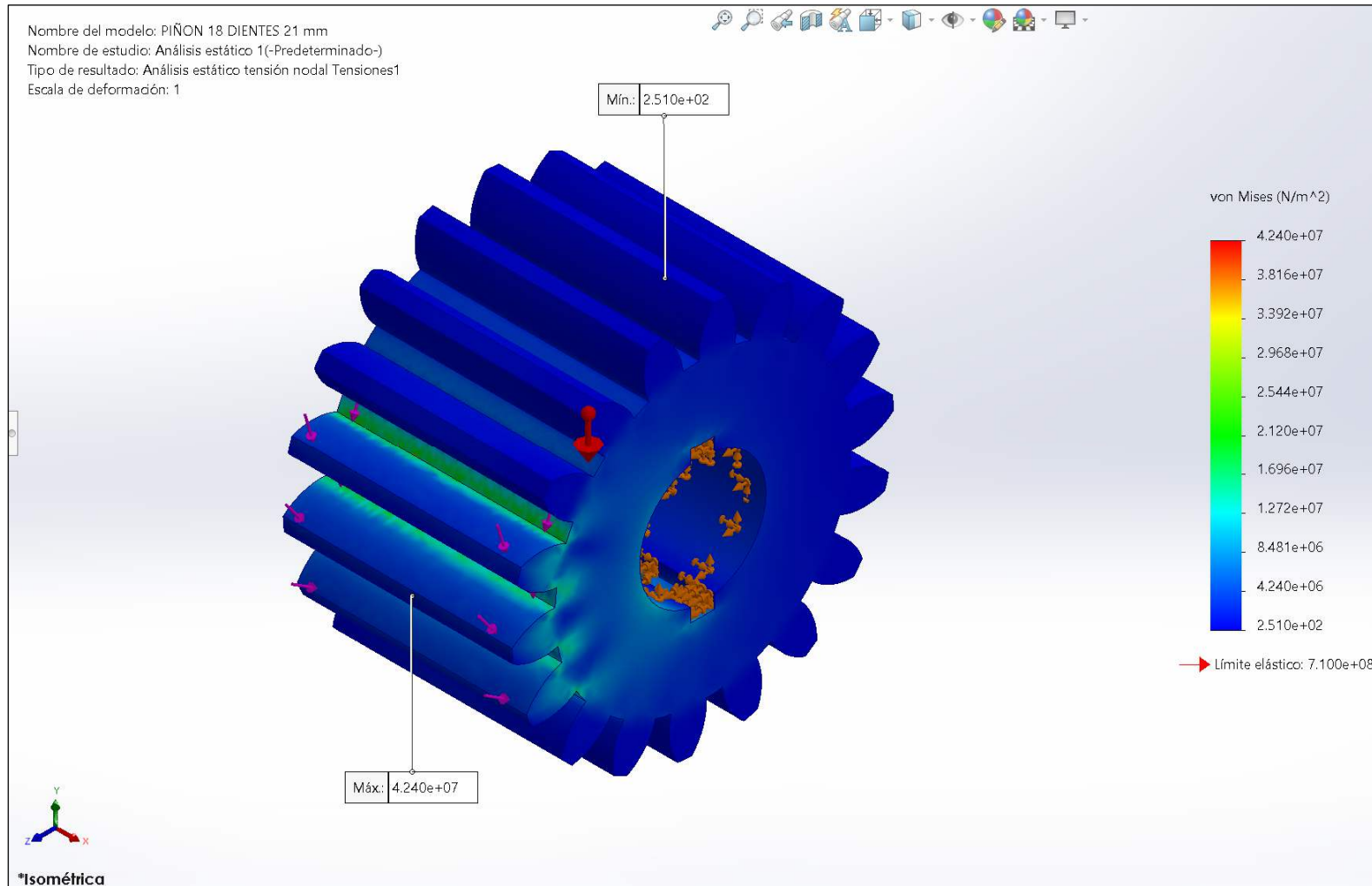
La Figura 23 muestra los esfuerzos que se generan en el piñón de análisis, obteniendo un máximo esfuerzo de 42,40 MPa, siendo inferior al límite elástico del acero empleado que es de 710 MPa.

La Figura 24 muestra las deformaciones que se generan en el piñón de análisis, obteniendo un máximo desplazamiento de 0,002287 mm, un valor cercano a cero (0), siendo imperceptible al ojo del ser humano.

La Figura 25 muestra los factores de seguridad que se generan en el piñón de análisis, obteniendo un mínimo valor de 16,74 o redondeado a 17 según el programa, demostrando lo viable en términos técnicos de la selección del acero mencionado.

Figura 25

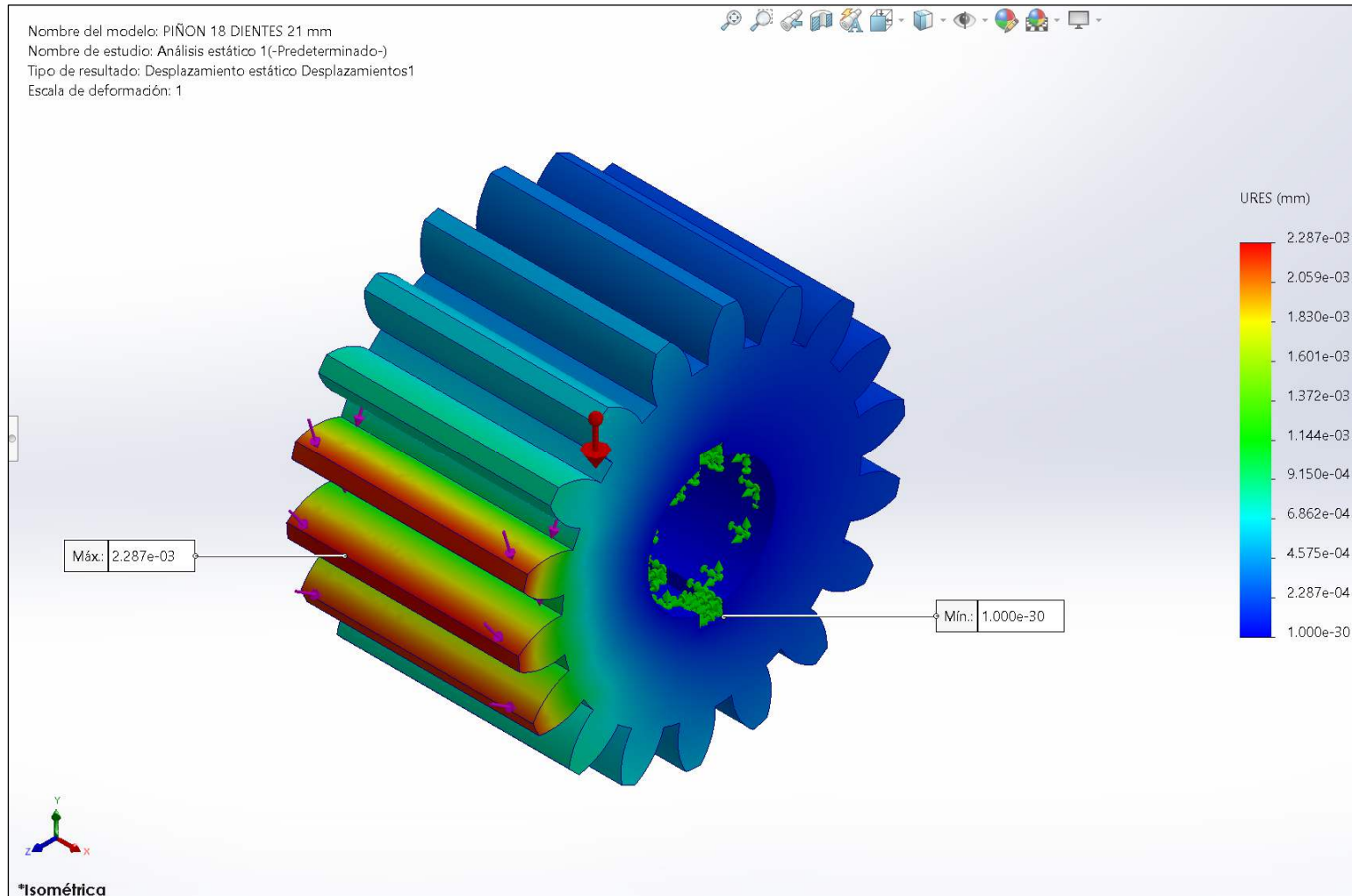
Esfuerzos generados de la simulación estática para el piñón de 18 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 26

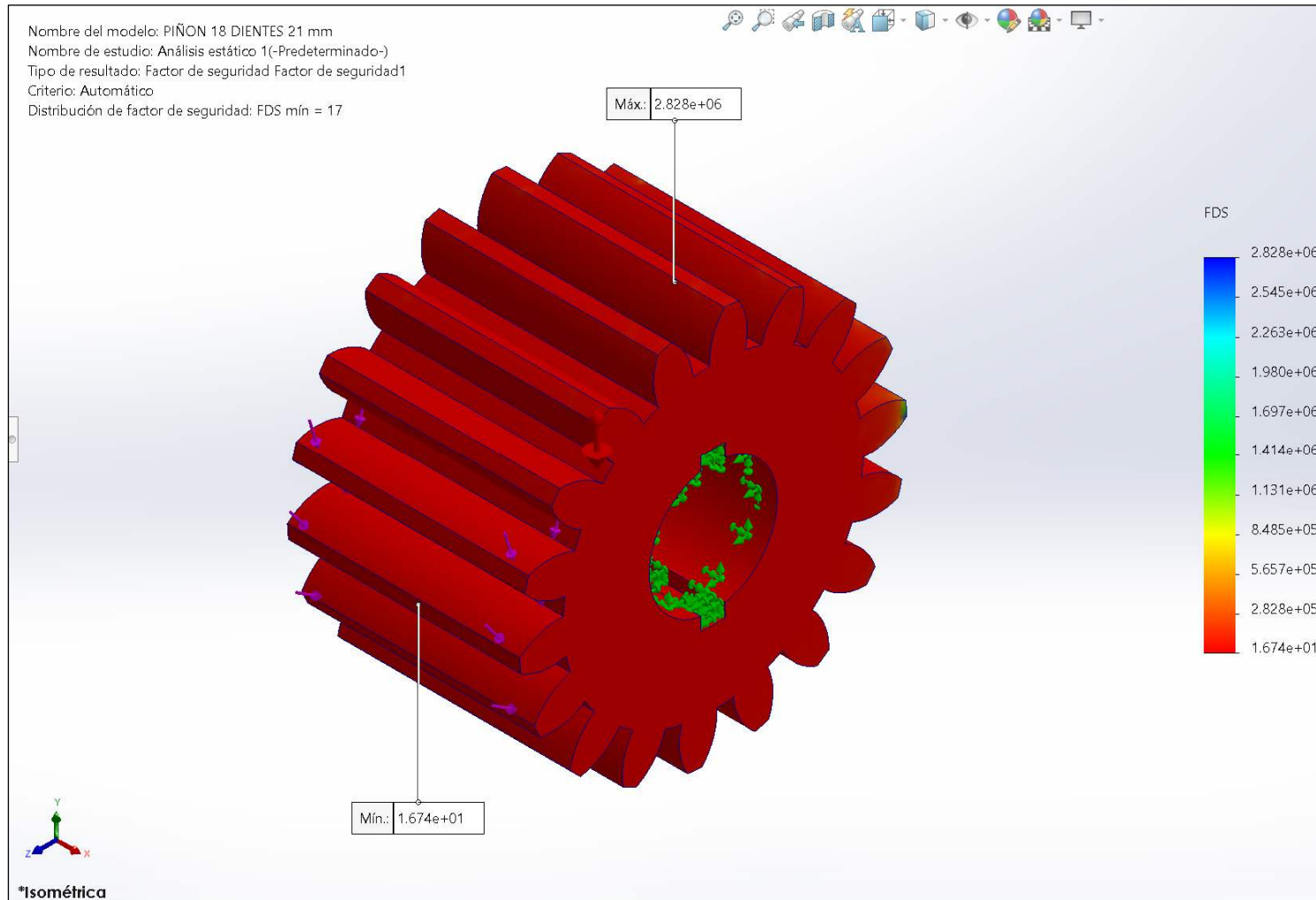
Desplazamientos generados de la simulación estática para el piñón de 18 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 27

Factores de seguridad generados de la simulación estática para el piñón de 18 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado y simulación estática de engrane de 47 dientes

Para el engrane con 47 dientes rectos, se seleccionó un acero AISI 4340 normalizado, disponible en la galería del programa, que luego de hacer las configuraciones necesarias, se procedió con el análisis estático, obteniendo:

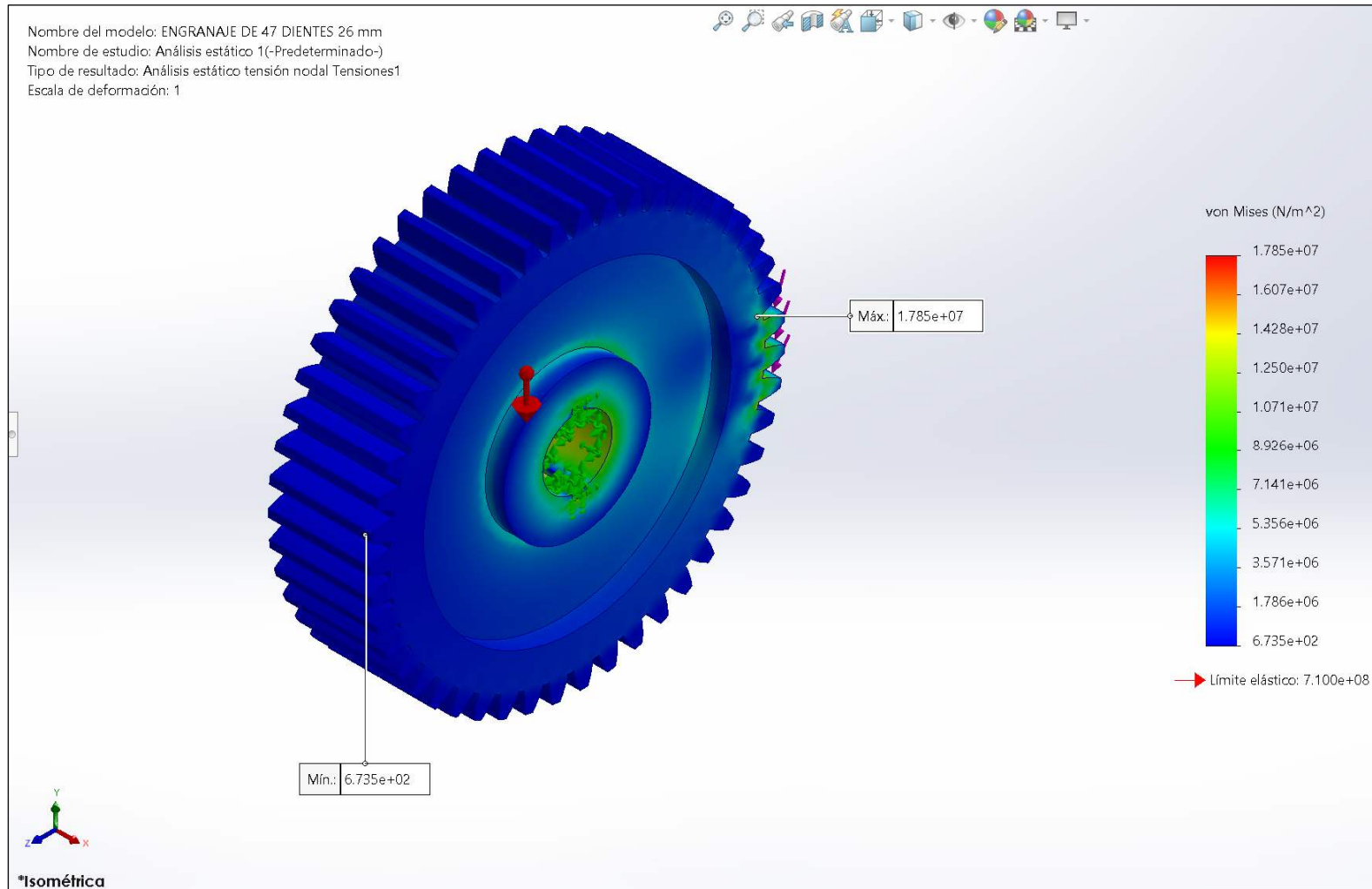
La Figura 26 muestra los esfuerzos que se generan en el engrane de análisis, obteniendo un máximo esfuerzo de 17,85 MPa, siendo inferior al límite elástico del acero empleado que es de 710 MPa.

La Figura 27 muestra las deformaciones que se generan en el engrane de análisis, obteniendo un máximo desplazamiento de 0,005787 mm, un valor cercano a cero (0), siendo imperceptible al ojo del ser humano.

La Figura 28 muestra los factores de seguridad que se generan en el engrane de análisis, obteniendo un mínimo valor de 39,77 o redondeado a 40 según el programa, demostrando lo viable en términos técnicos de la selección del acero mencionado.

Figura 28

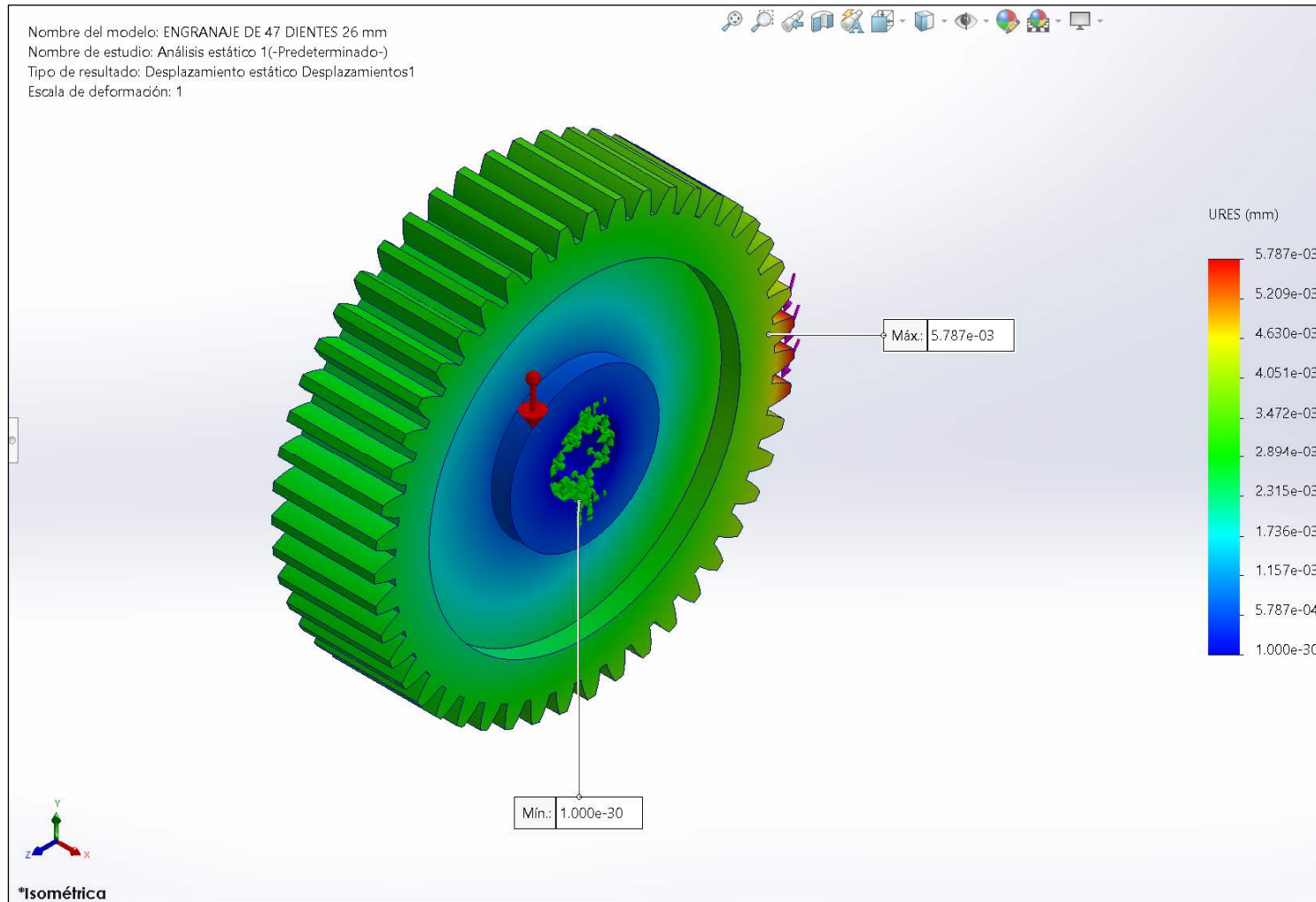
Esfuerzos generados de la simulación estática para el engrane de 47 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 29

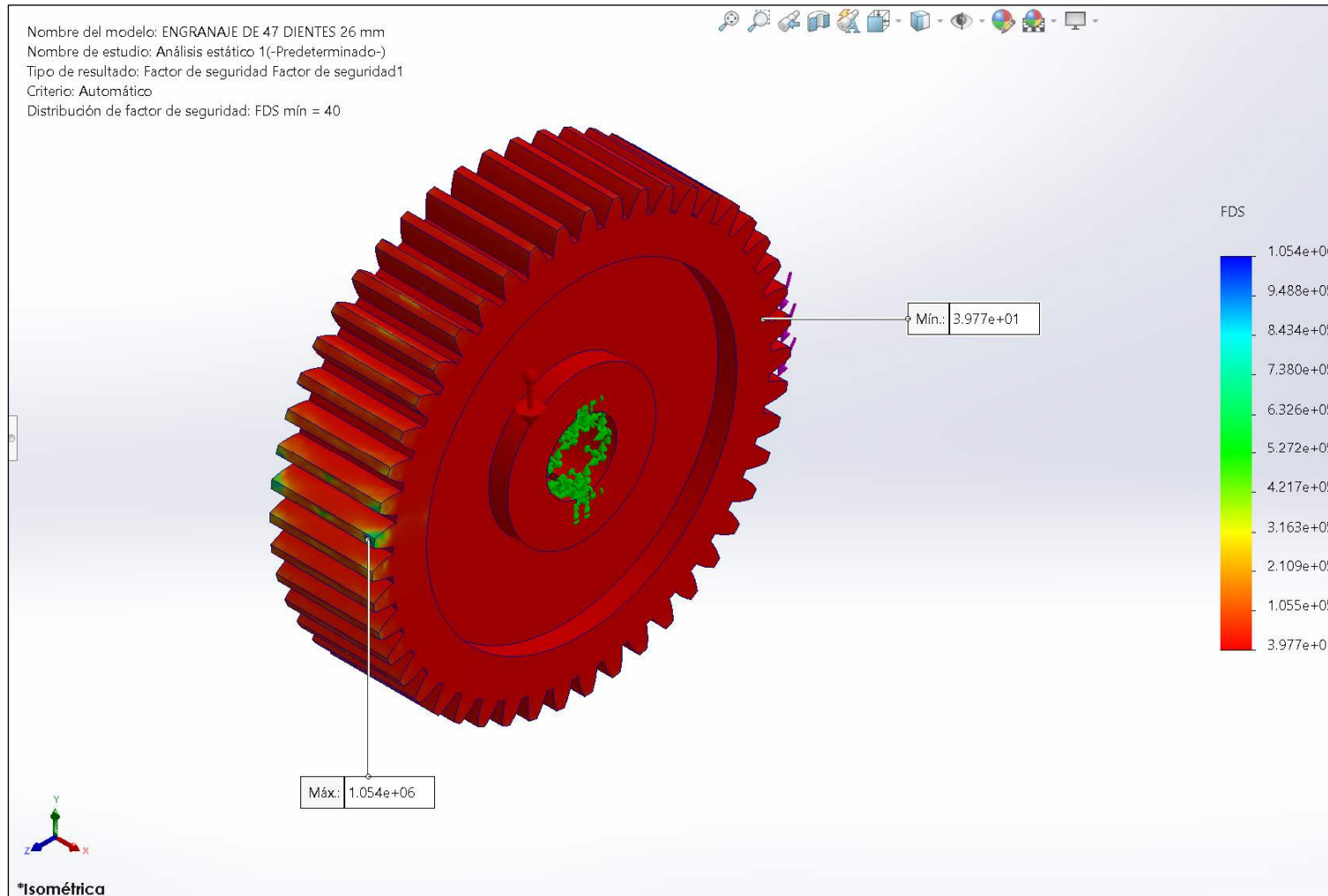
Desplazamientos generados de la simulación estática para el engrane de 47 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 30

Factores de seguridad generados de la simulación estática para el engrane de 47 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado y simulación estática de piñón cónico de 18 dientes rectos

Para el piñón cónico de 18 dientes rectos, se seleccionó un acero AISI 4340 normalizado, disponible en la galería del programa, que luego de hacer las configuraciones necesarias, se procedió con el análisis estático, obteniendo:

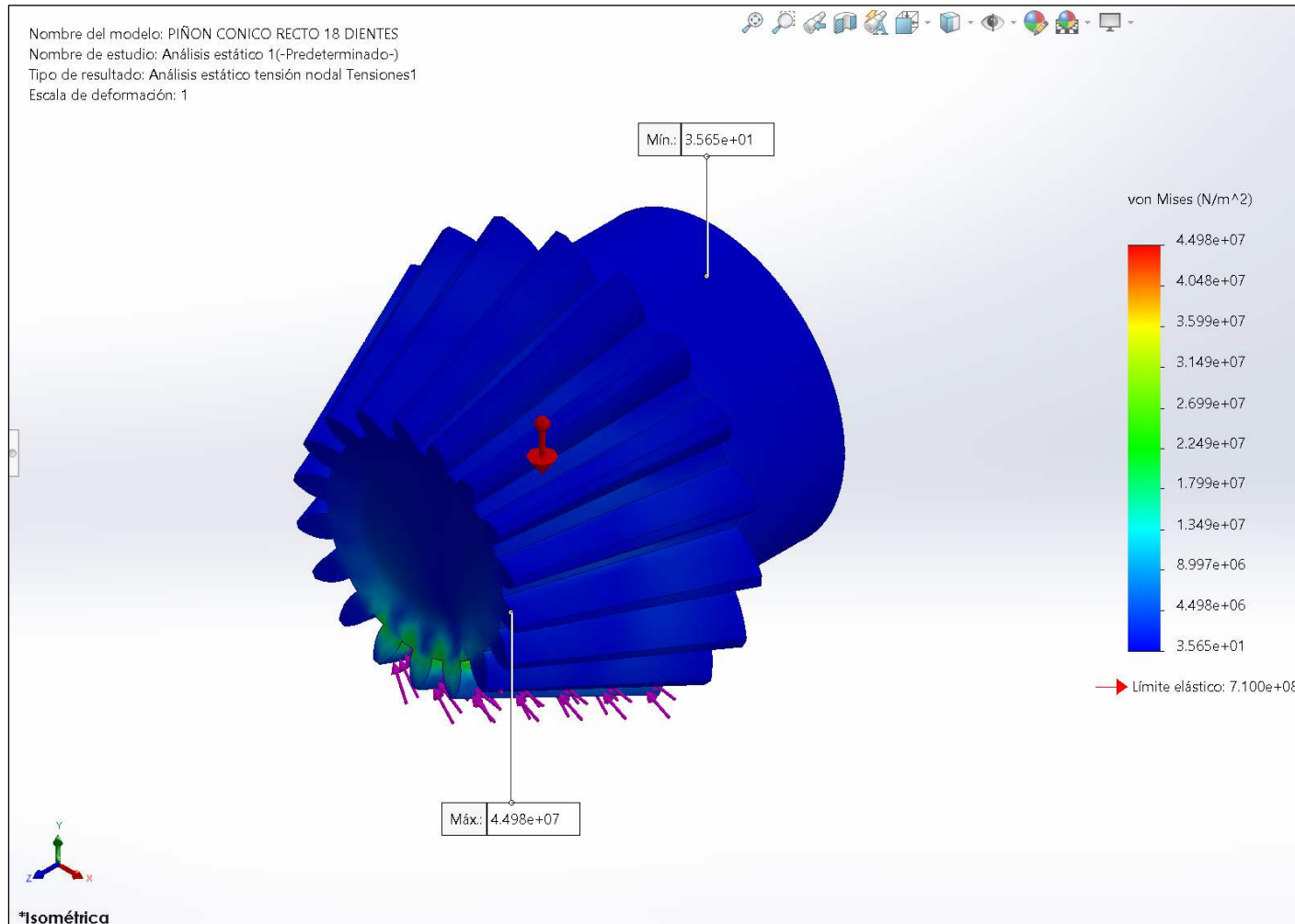
La Figura 29 muestra los esfuerzos que se generan en el piñón cónico de análisis, obteniendo un máximo esfuerzo de 44,98 MPa, siendo inferior al límite elástico del acero empleado que es de 710 MPa.

La Figura 30 muestra las deformaciones que se generan en el piñón cónico de análisis, obteniendo un máximo desplazamiento de 0,002488 mm, un valor cercano a cero (0), siendo imperceptible al ojo del ser humano.

La Figura 31 muestra los factores de seguridad que se generan en el piñón cónico de análisis, obteniendo un mínimo valor de 15,78 o redondeado a 16 según el programa, demostrando lo viable en términos técnicos de la selección del acero mencionado.

Figura 31

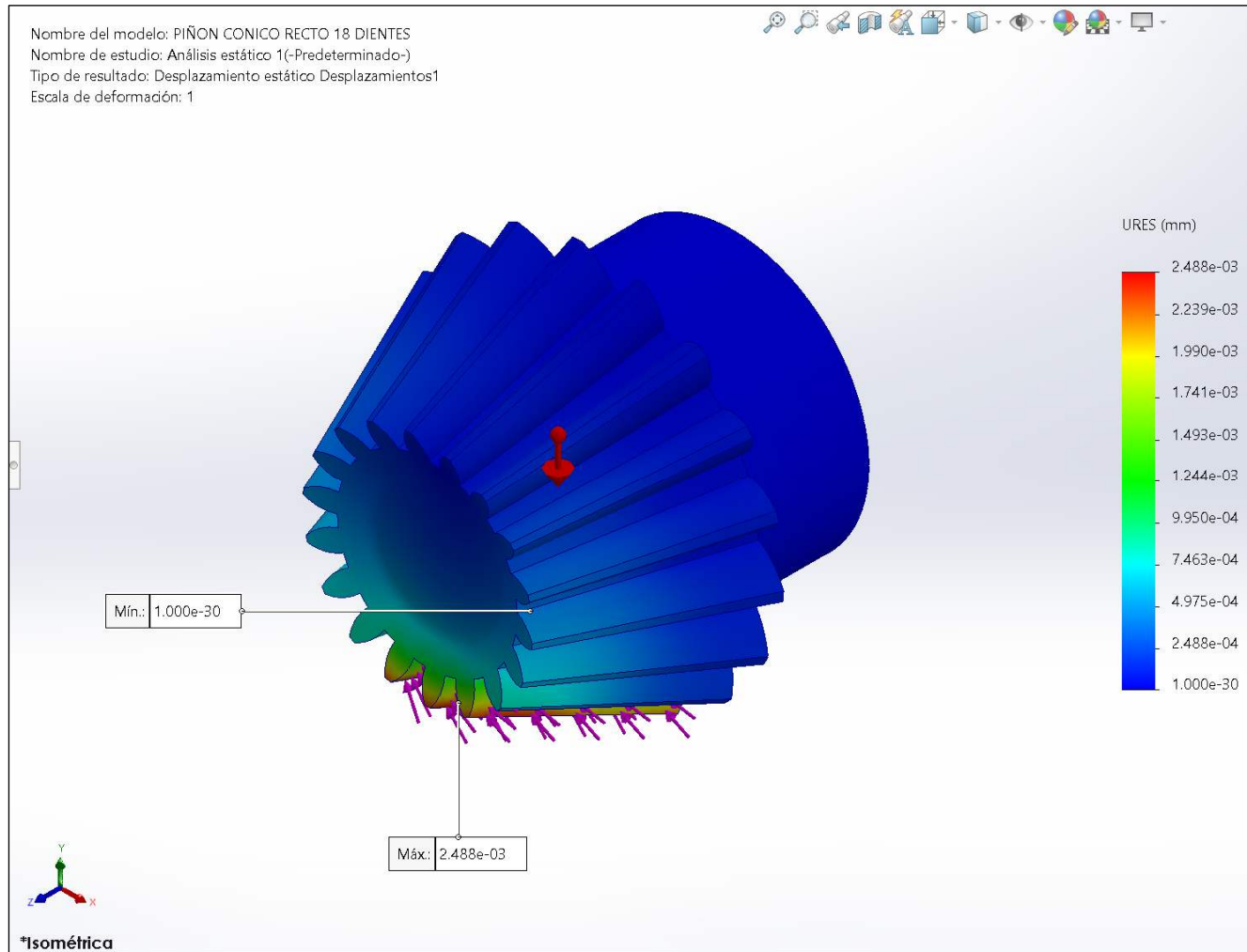
Esfuerzos generados de la simulación estática para el piñón cónico de 18 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 32

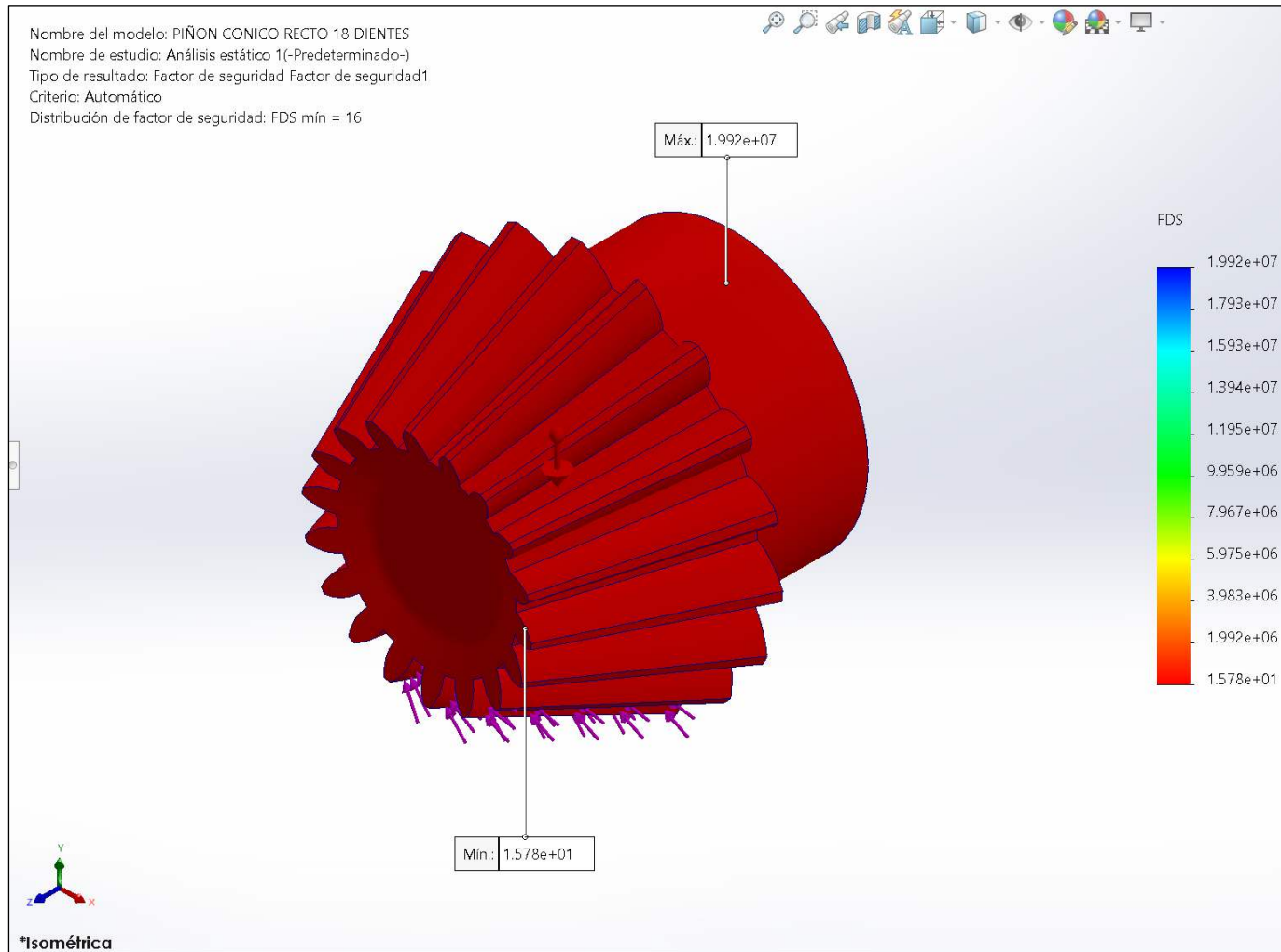
Desplazamientos generados de la simulación estática para el piñón cónico de 18 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 33

Factores de seguridad generados de la simulación estática para el piñón cónico de 18 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado y simulación estática de engrane cónico de 47 dientes rectos

Para el engrane cónico de 47 dientes rectos, se seleccionó un acero AISI 4340 normalizado, disponible en la galería del programa, que luego de hacer las configuraciones necesarias, se procedió con el análisis estático, obteniendo:

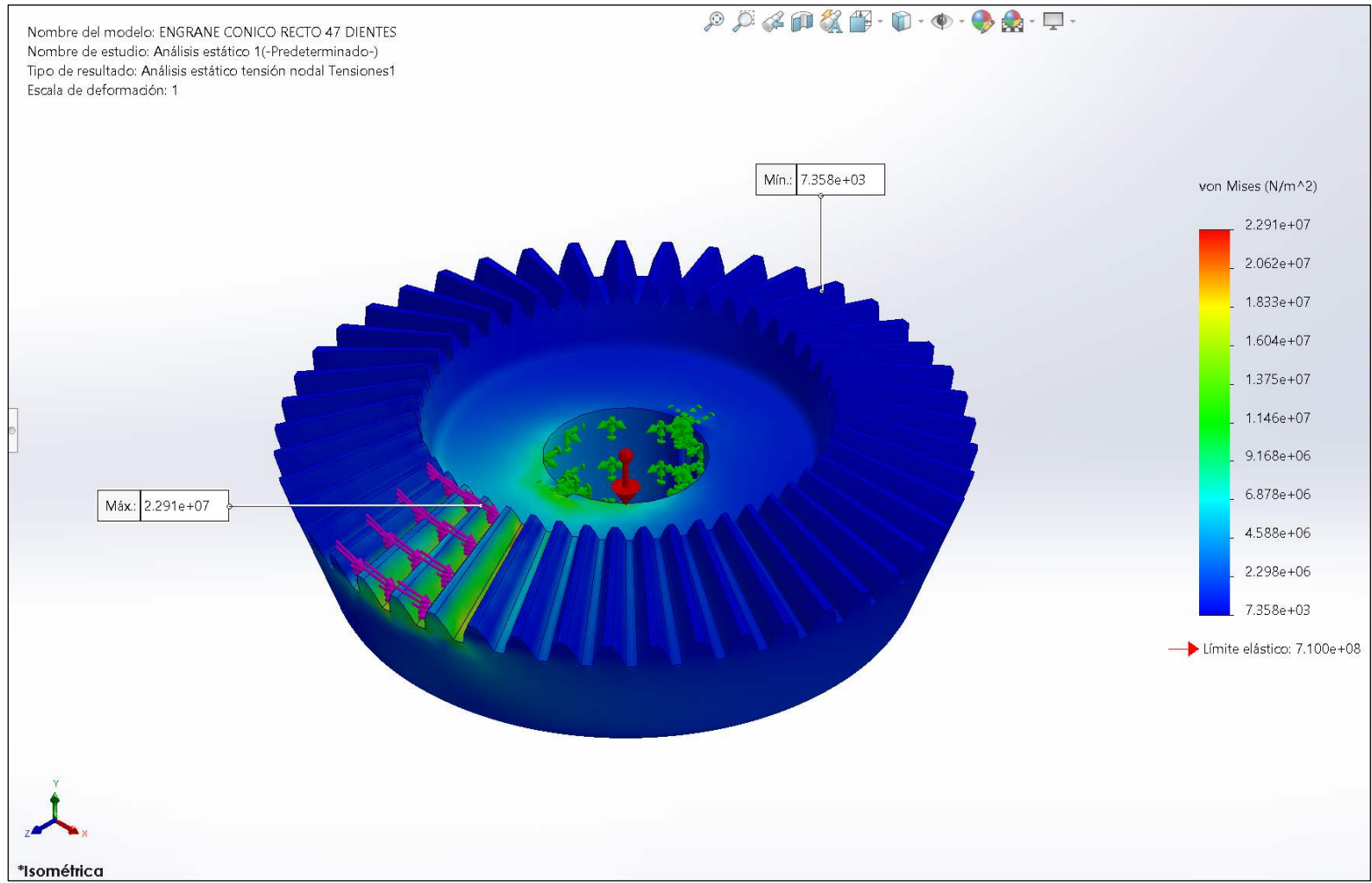
La Figura 32 muestra los esfuerzos que se generan en el engrane cónico de análisis, obteniendo un máximo esfuerzo de 22,91 MPa, siendo inferior al límite elástico del acero empleado que es de 710 MPa.

La Figura 33 muestra las deformaciones que se generan en el engrane cónico de análisis, obteniendo un máximo desplazamiento de 0,004391 mm, un valor cercano a cero (0), siendo imperceptible al ojo del ser humano.

La Figura 34 muestra los factores de seguridad que se generan en el piñón cónico de análisis, obteniendo un mínimo valor de 30,99 o redondeado a 31 según el programa, demostrando lo viable en términos técnicos de la selección del acero mencionado.

Figura 34

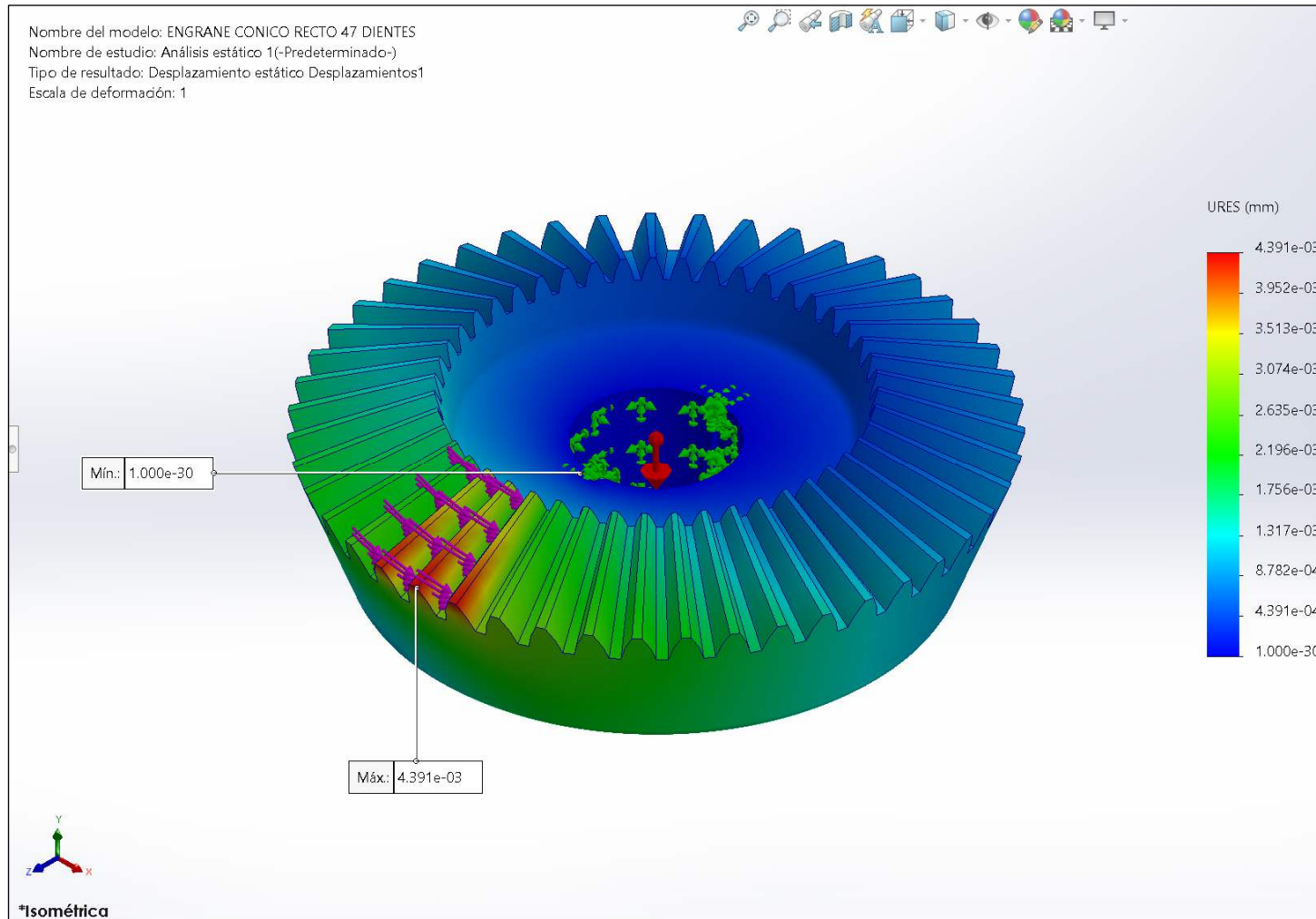
Esfuerzos generados de la simulación estática para el engrane cónico de 47 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 35

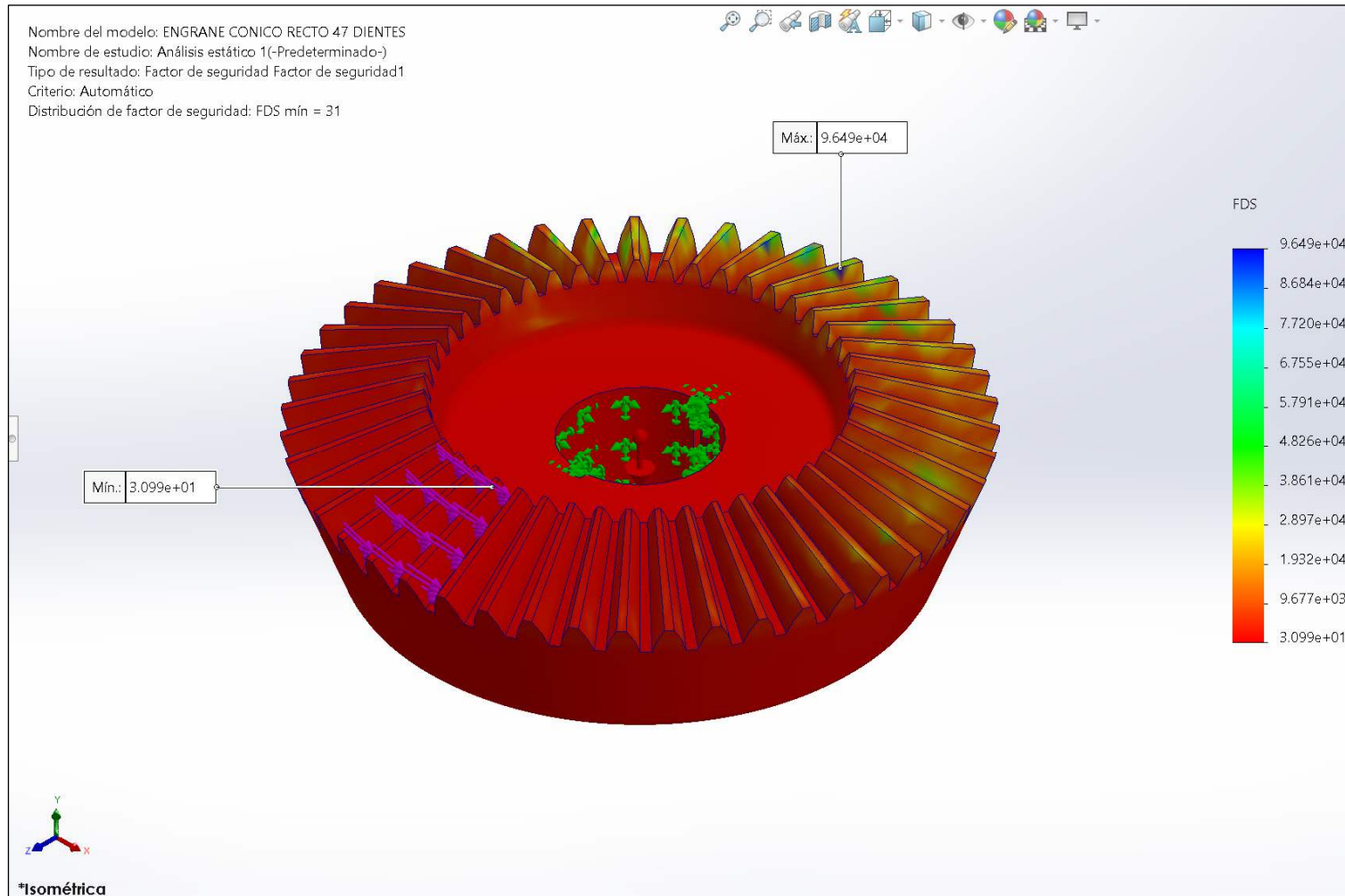
Desplazamientos generados de la simulación estática para el engrane cónico de 47 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 36

Factores de seguridad generados de la simulación estática para el engrane cónico de 47 dientes rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado y simulación estática para el eje del cardan

Para el eje del cardan se seleccionó un acero AISI 1045 estirado en frío, disponible en la galería del programa, que luego de hacer las configuraciones necesarias, se procedió con el análisis estático respectivo, obteniendo:

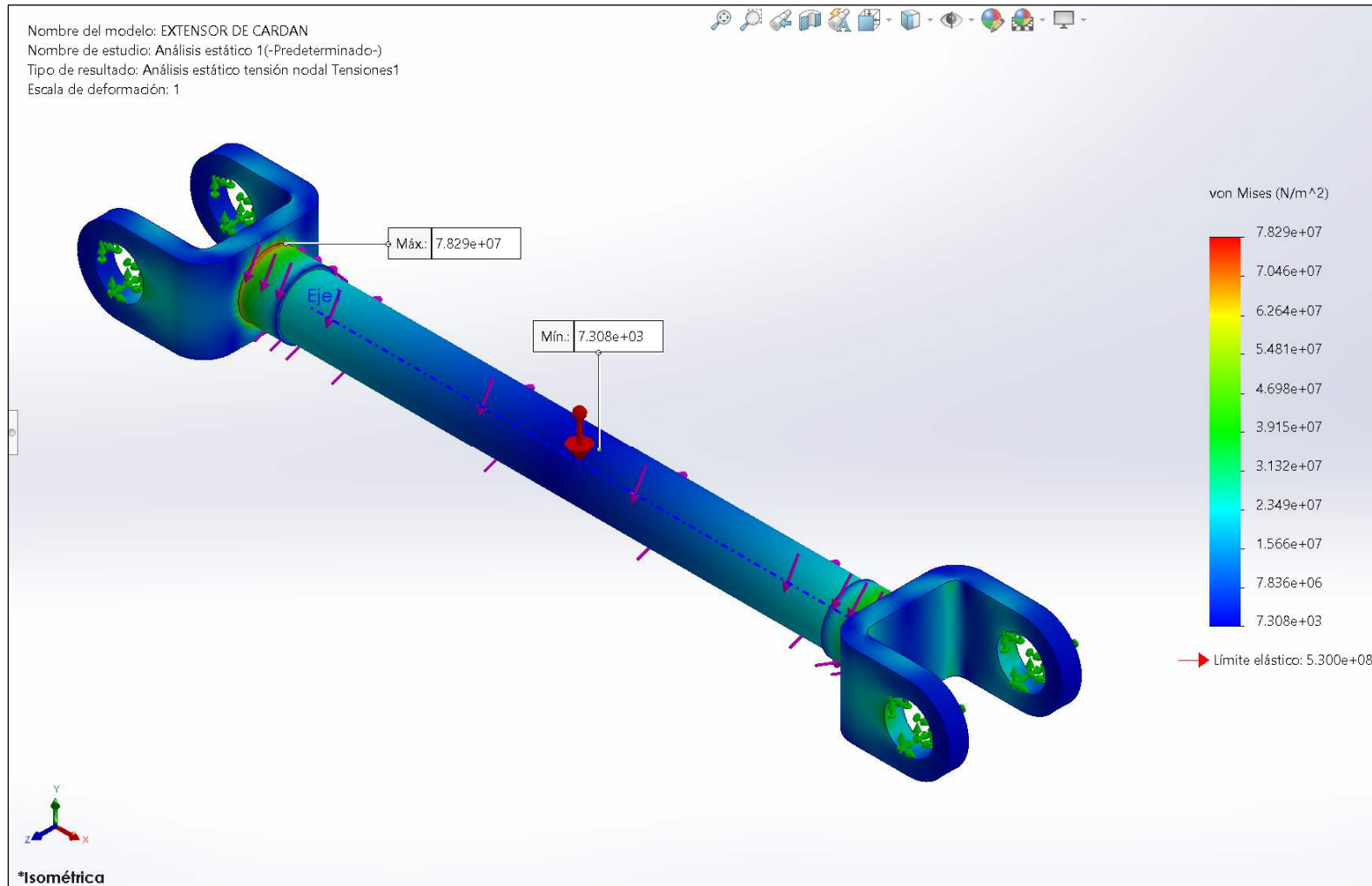
La Figura 35 muestra los esfuerzos que se generan en el eje del cardan de análisis, obteniendo un máximo esfuerzo de 78,29 MPa, siendo inferior al límite elástico del acero empleado que es de 530 MPa.

La Figura 36 muestra las deformaciones que se generan en el eje del cardan de análisis, obteniendo un máximo desplazamiento de 0,002153 mm, un valor cercano a cero (0), siendo imperceptible al ojo del ser humano.

La Figura 37 muestra los factores de seguridad que se generan en el eje del cardan de análisis, obteniendo un mínimo valor de 6,769 o redondeado a 6,80 según el programa, demostrando lo viable en términos técnicos de la selección del acero mencionado.

Figura 37

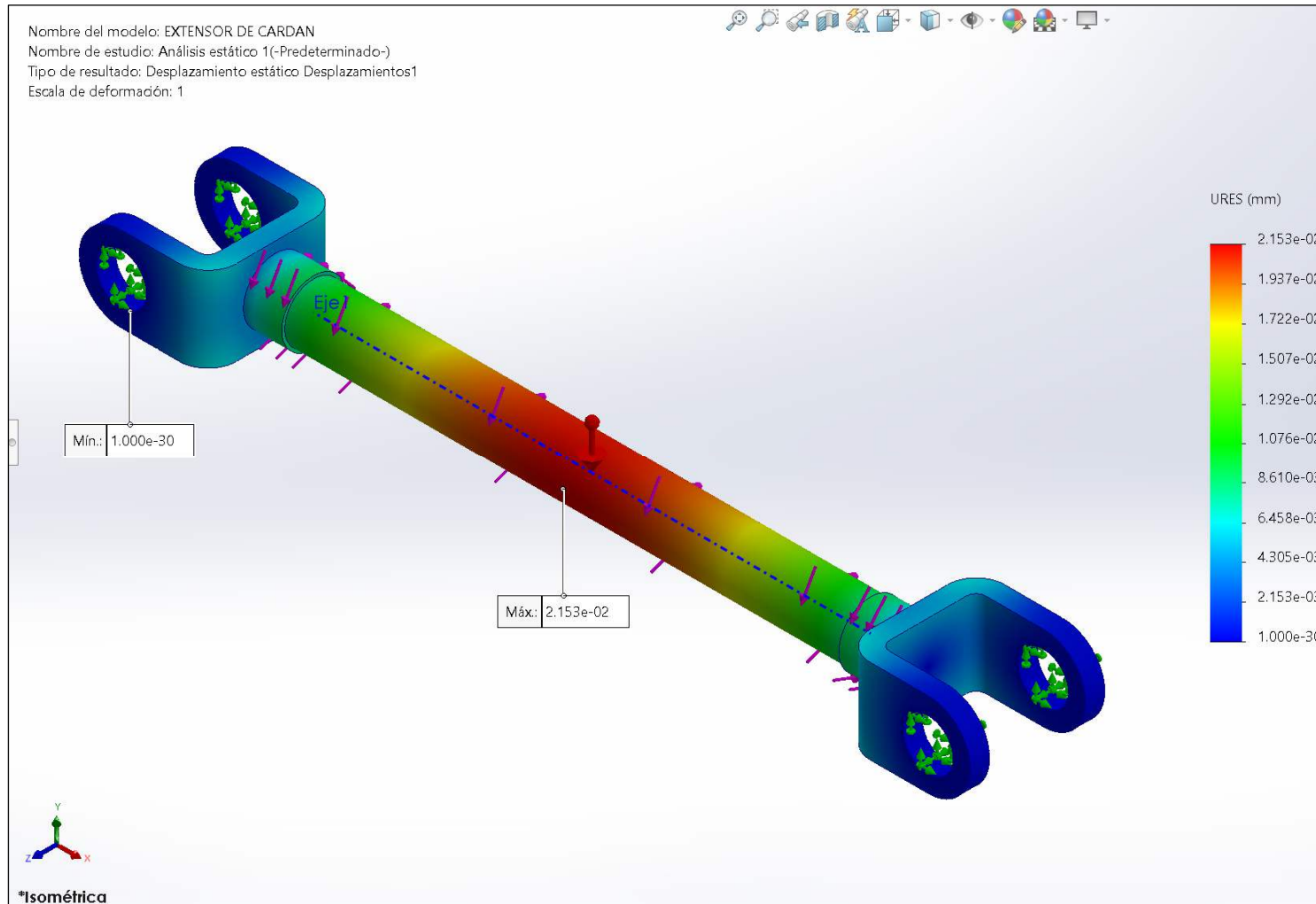
Esfuerzos generados de la simulación estática para el eje de cardan



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 38

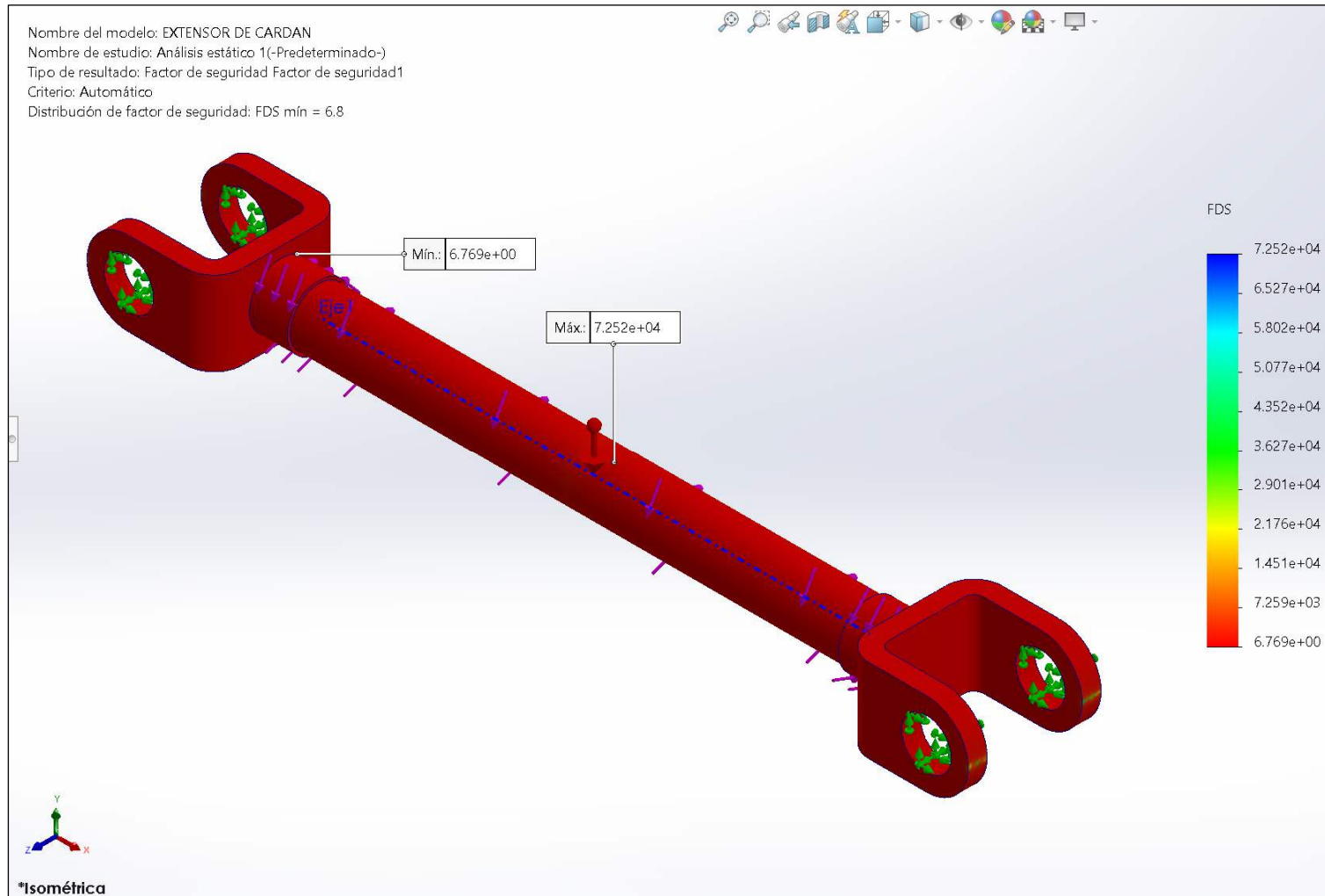
Desplazamientos generados de la simulación estática para el eje del cardan



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 39

Factores de seguridad generados de la simulación estática para el eje del cardan



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado y simulación estática para la estructura de transporte

Para la estructura de transporte se seleccionó un acero A36, disponible en la galería del programa, que luego de hacer las configuraciones necesarias, se procedió con el análisis estático respectivo, obteniendo:

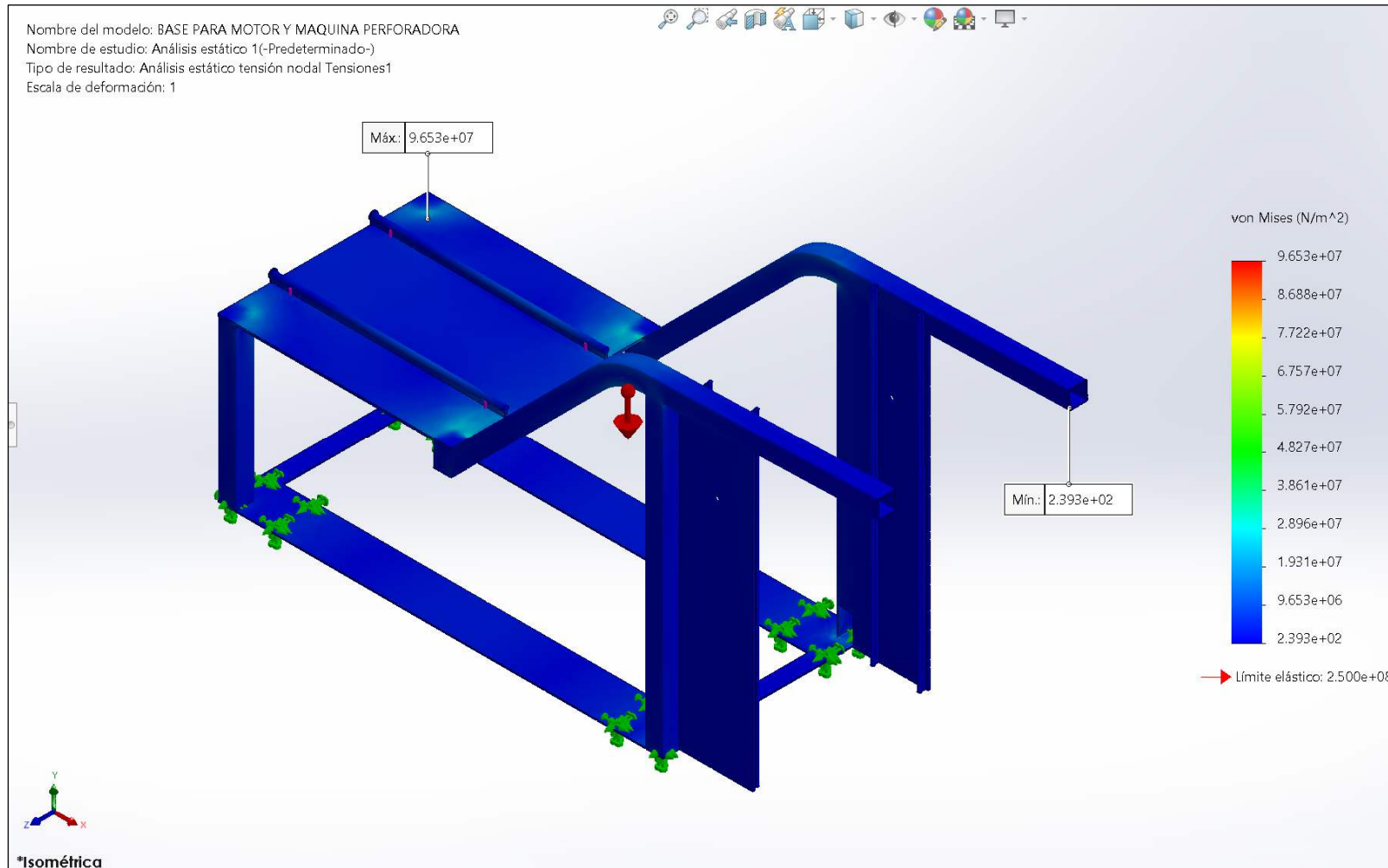
La Figura 38 muestra los esfuerzos que se generan en la estructura de transporte de análisis, obteniendo un máximo esfuerzo de 96,53 MPa, siendo inferior al límite elástico del acero empleado que es de 250 MPa.

La Figura 39 muestra las deformaciones que se generan en la estructura de transporte de análisis, obteniendo un máximo desplazamiento de 0.6858 mm, un valor cercano a cero (0), siendo imperceptible al ojo del ser humano.

La Figura 40 muestra los factores de seguridad que se generan en la estructura de transporte de análisis, obteniendo un mínimo valor de 2,59 o redondeado a 2,60 según el programa, demostrando lo viable en términos técnicos de la selección del acero mencionado.

Figura 40

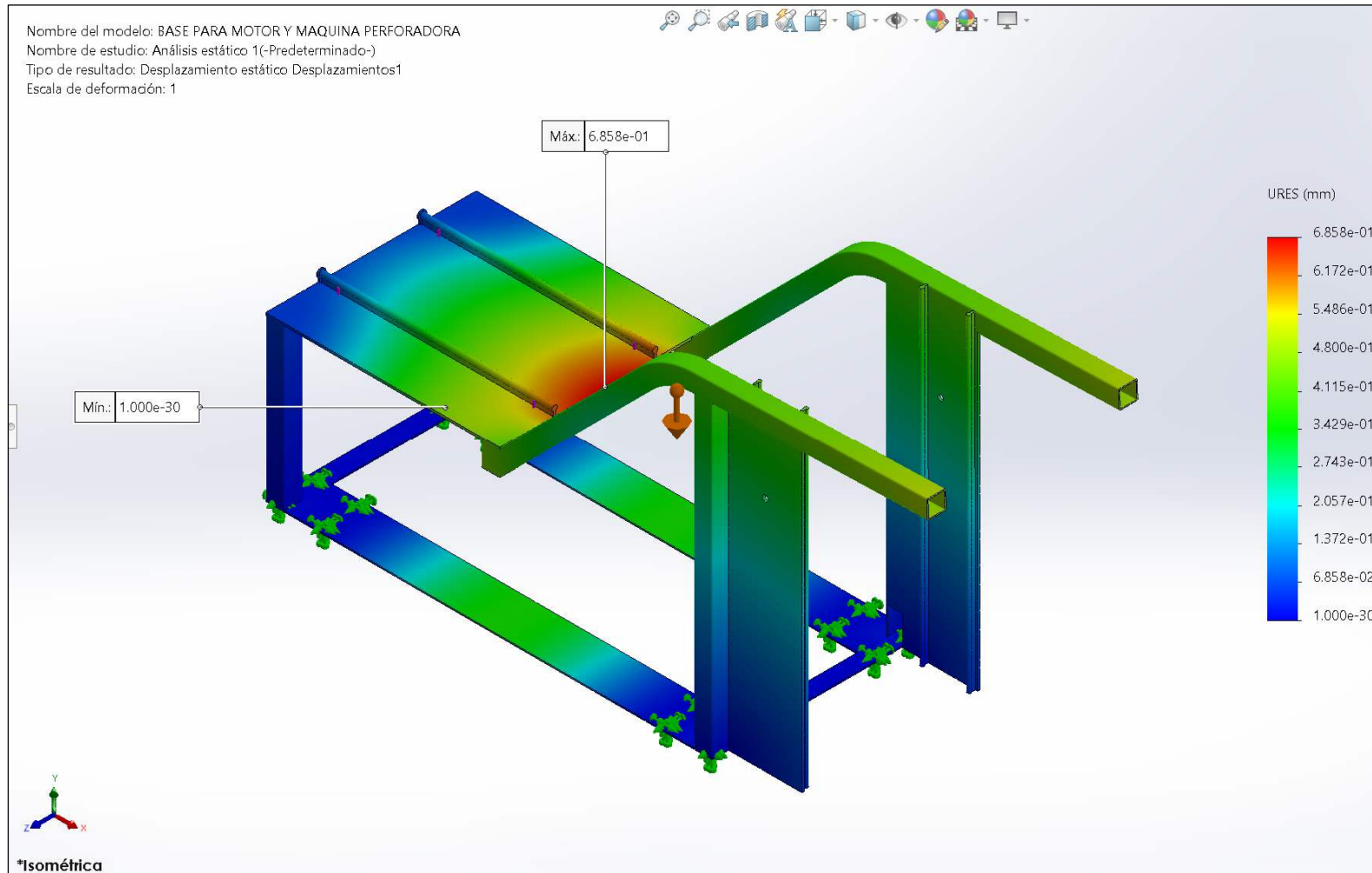
Esfuerzos generados de la simulación estática para la estructura de transporte



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 41

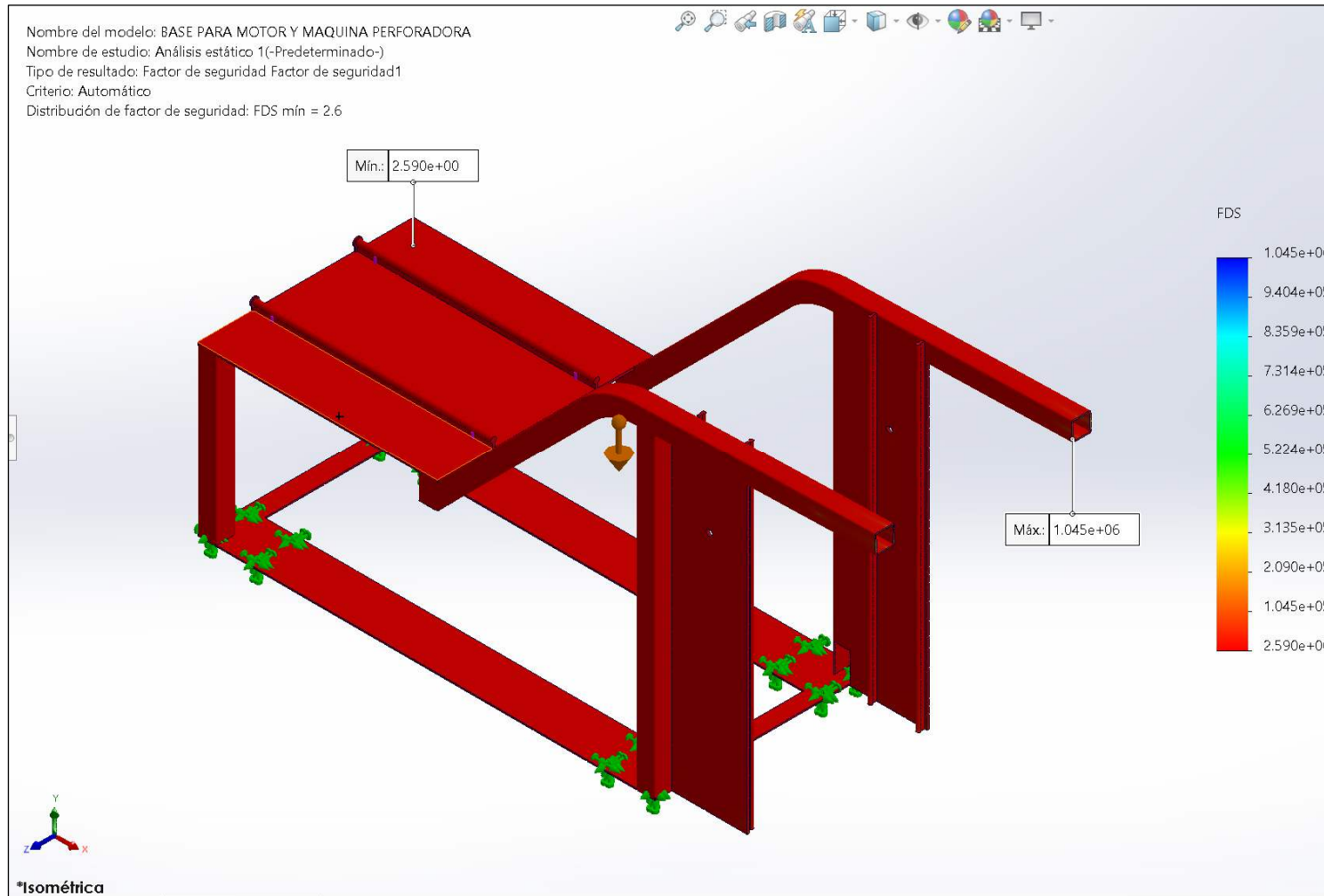
Desplazamientos generados de la simulación estática para la estructura de transporte



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 42

Factores de seguridad generados de la simulación estática para la estructura de transporte



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado y simulación estática de broca de 10 cm de diámetro

Para la broca de 10 cm de diámetro, se seleccionó un acero AISI 1045 estirado en frío, disponible en la galería del programa, que luego de hacer las configuraciones necesarias, se procedió con el análisis estático, obteniendo:

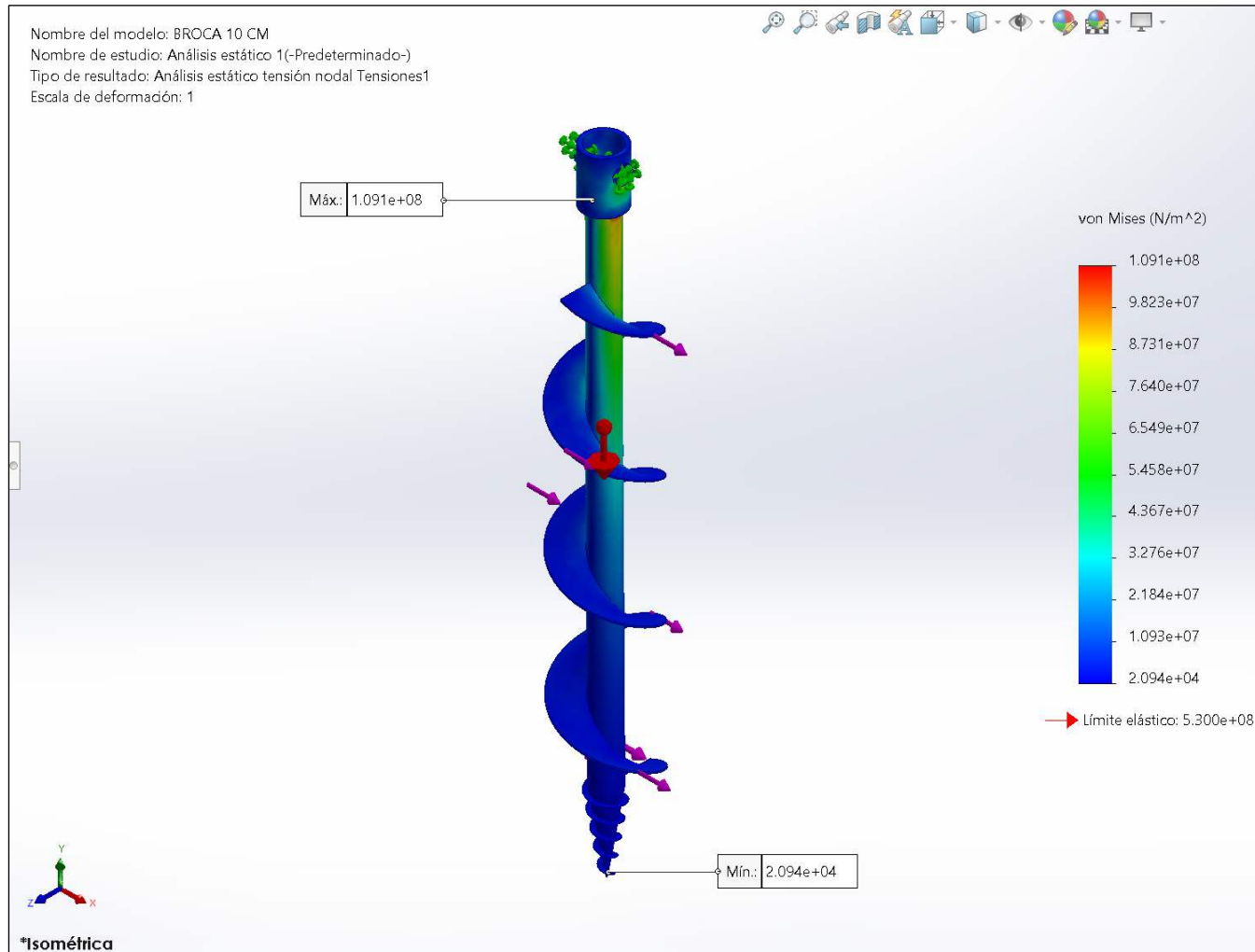
La Figura 41 muestra los esfuerzos que se generan en la broca de 10 cm de análisis, obteniendo un máximo esfuerzo de 109,10 MPa, siendo inferior al límite elástico del acero empleado que es de 530 MPa.

La Figura 42 muestra las deformaciones que se generan en la broca de 10 cm de análisis, obteniendo un máximo desplazamiento de 3,66 mm, un valor bastante pequeño.

La Figura 43 muestra los factores de seguridad que se generan en la broca de 10 cm de análisis, obteniendo un mínimo valor de 4,856 o redondeado a 4,90 según el programa, demostrando lo viable en términos técnicos de la selección del acero mencionado.

Figura 43

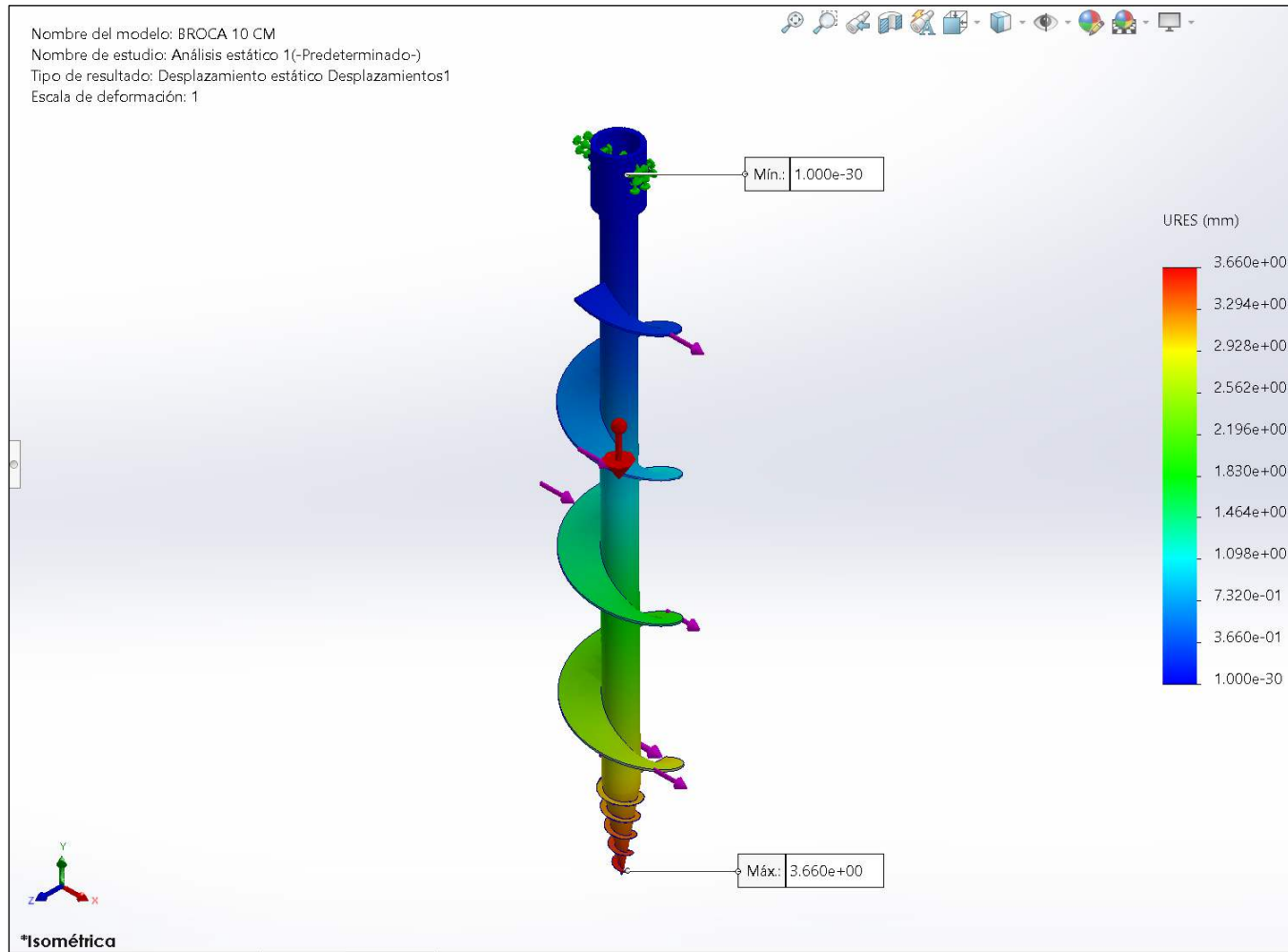
Esfuerzos generados de la simulación estática para la broca de 10 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 44

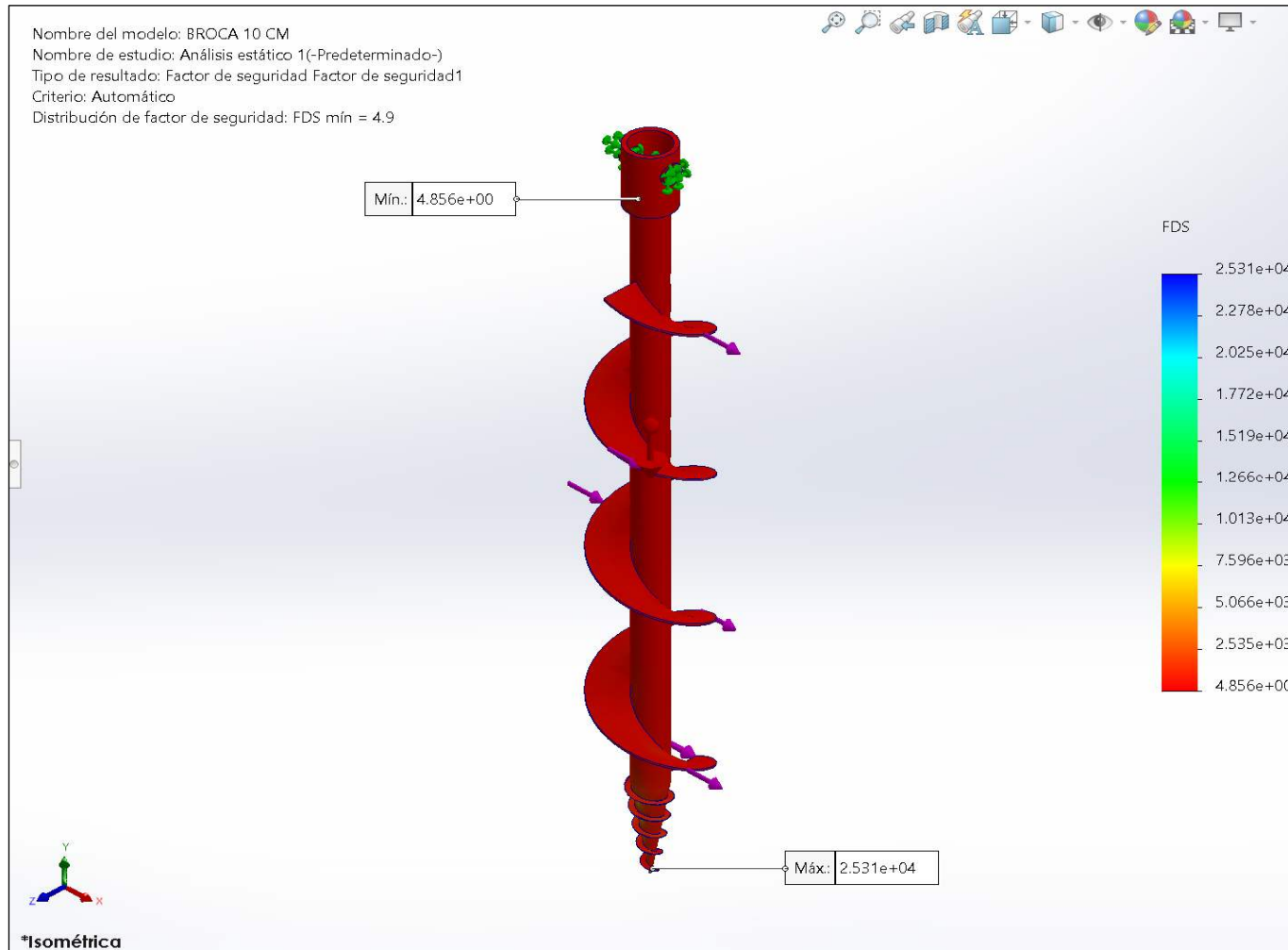
Desplazamientos generados de la simulación estática para la broca de 10 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 45

Factores de seguridad generados de la simulación estática para la broca de 10 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado y simulación estática de la broca de 15 cm de diámetro

Para la broca de 15 cm de diámetro, se seleccionó un acero AISI 1045 estirado en frío, disponible en la galería del programa, que luego de hacer las configuraciones necesarias, se procedió con el análisis estático, obteniendo:

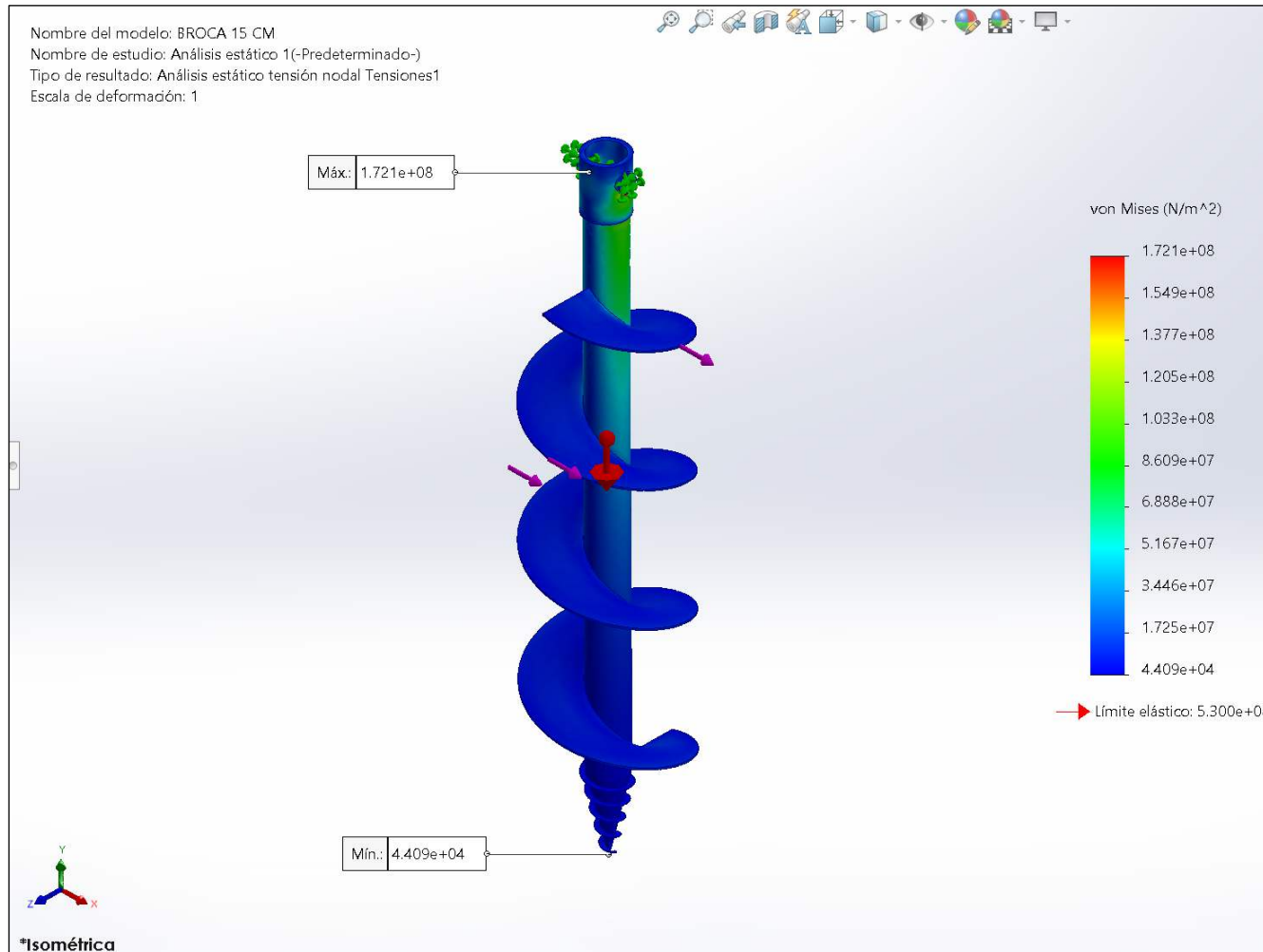
La Figura 44 muestra los esfuerzos que se generan en la broca de 15 cm de análisis, obteniendo un máximo esfuerzo de 172,10 MPa, siendo inferior al límite elástico del acero empleado que es de 530 MPa.

La Figura 45 muestra las deformaciones que se generan en la broca de 15 cm de análisis, obteniendo un máximo desplazamiento de 3,248 mm, siendo un valor bastante pequeño en comparación con las medidas de la broca de 15 cm en estudio.

La Figura 46 muestra los factores de seguridad que se generan en la broca de 15 cm de análisis, obteniendo un mínimo valor de 3,079 o redondeado a 3,10 según el programa, demostrando lo viable en términos técnicos de la selección del acero mencionado.

Figura 46

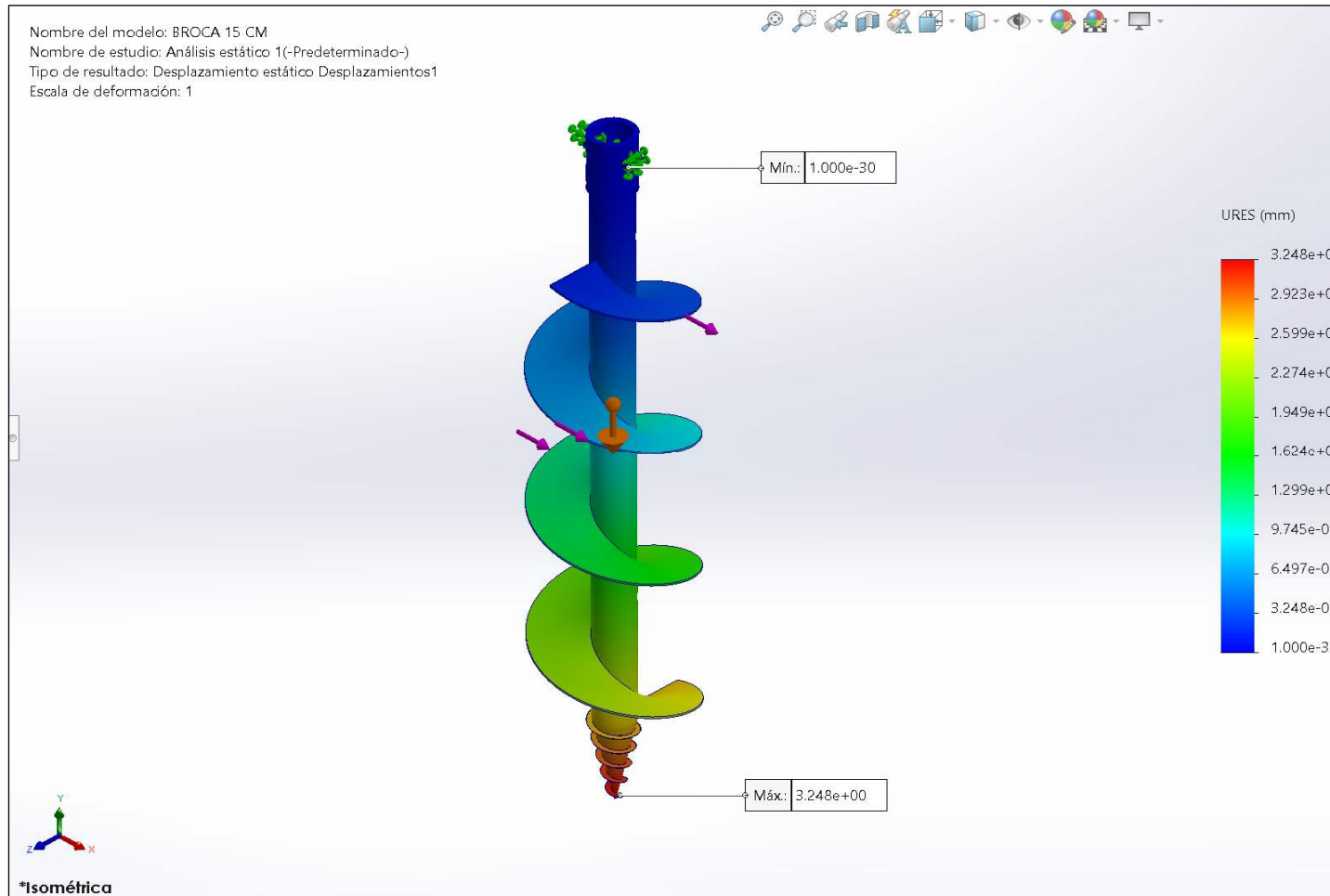
Esfuerzos generados de la simulación estática para la broca de 15 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 47

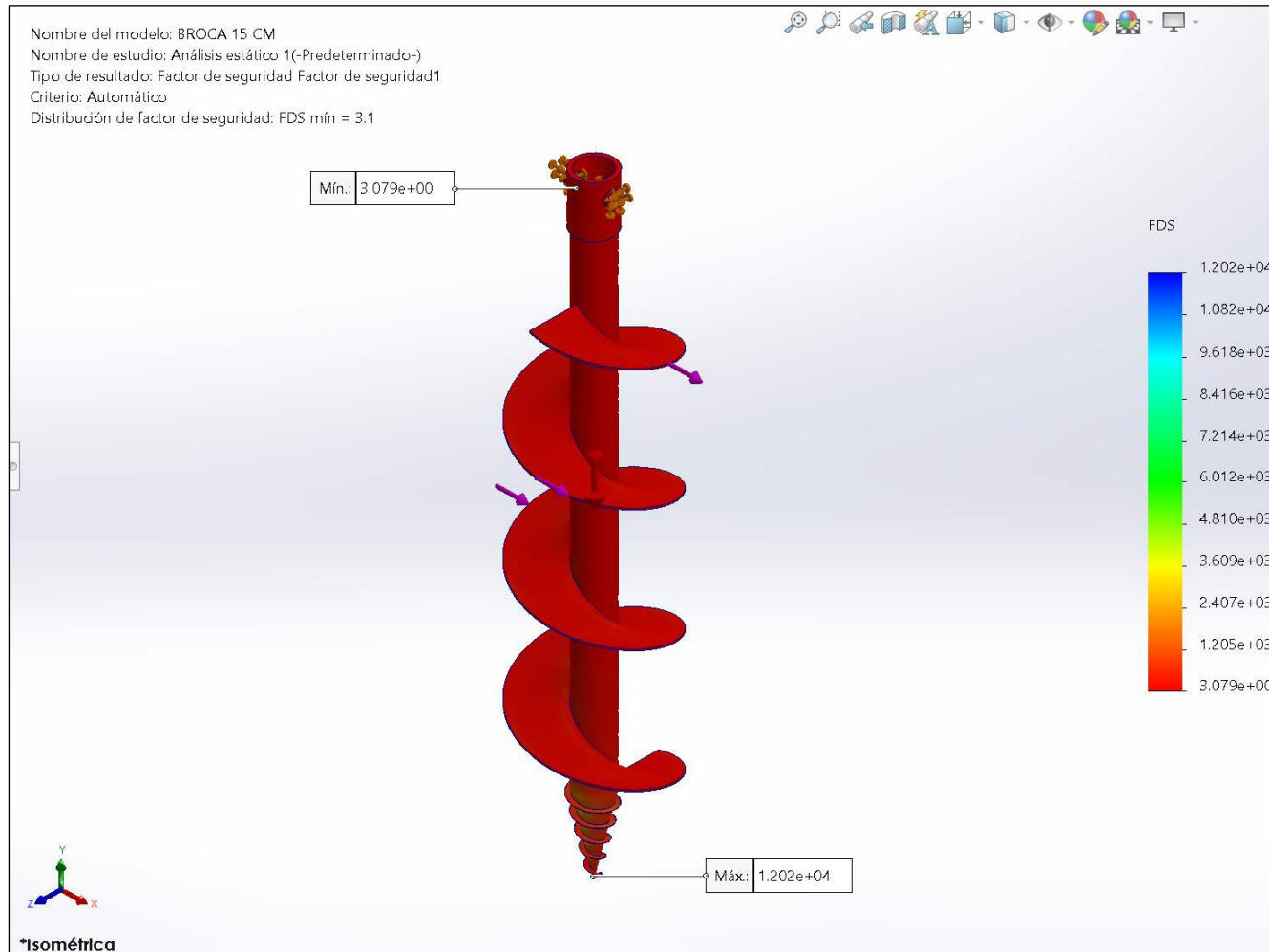
Desplazamientos generados de la simulación estática para la broca de 15 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 48

Factores de seguridad generados de la simulación estática para la broca de 15 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado y simulación estática de la broca de 20 cm de diámetro

Para la broca de 20 cm de diámetro, se seleccionó un acero AISI 1045 estirado en frío, disponible en la galería del programa, que luego de hacer las configuraciones necesarias, se procedió con el análisis estático, obteniendo:

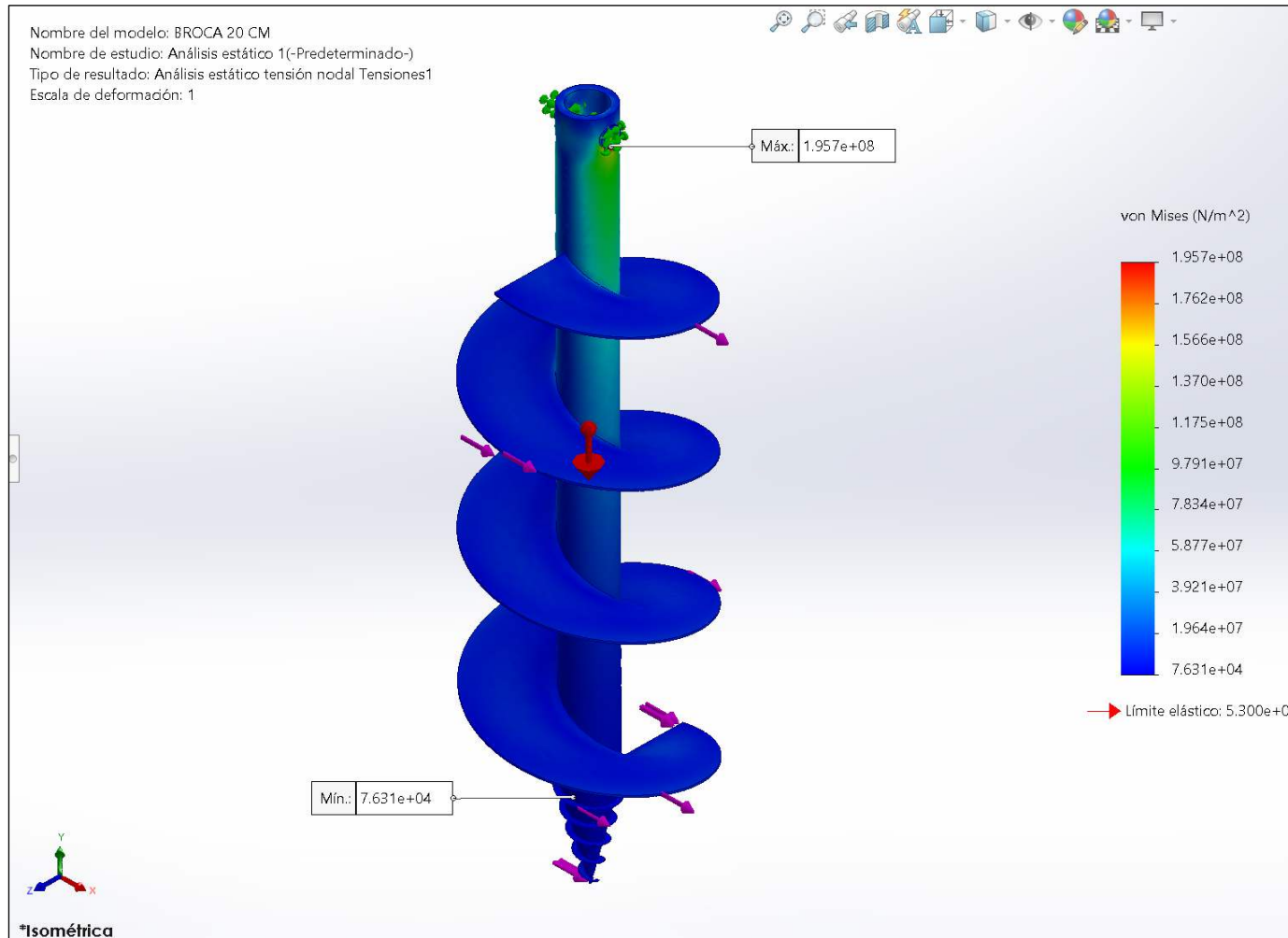
La Figura 47 muestra los esfuerzos que se generan en la broca de 20 cm de análisis, obteniendo un máximo esfuerzo de 195,70 MPa, siendo inferior al límite elástico del acero empleado que es de 530 MPa.

La Figura 48 muestra las deformaciones que se generan en la broca de 20 cm de análisis, obteniendo un máximo desplazamiento de 2,791 mm, siendo bastante pequeño en relación con las medidas de la broca en estudio.

La Figura 49 muestra los factores de seguridad que se generan en la broca de 20 cm de análisis, obteniendo un mínimo valor de 2,708 o redondeado a 2,70 según el programa, demostrando lo viable en términos técnicos de la selección del acero mencionado.

Figura 49

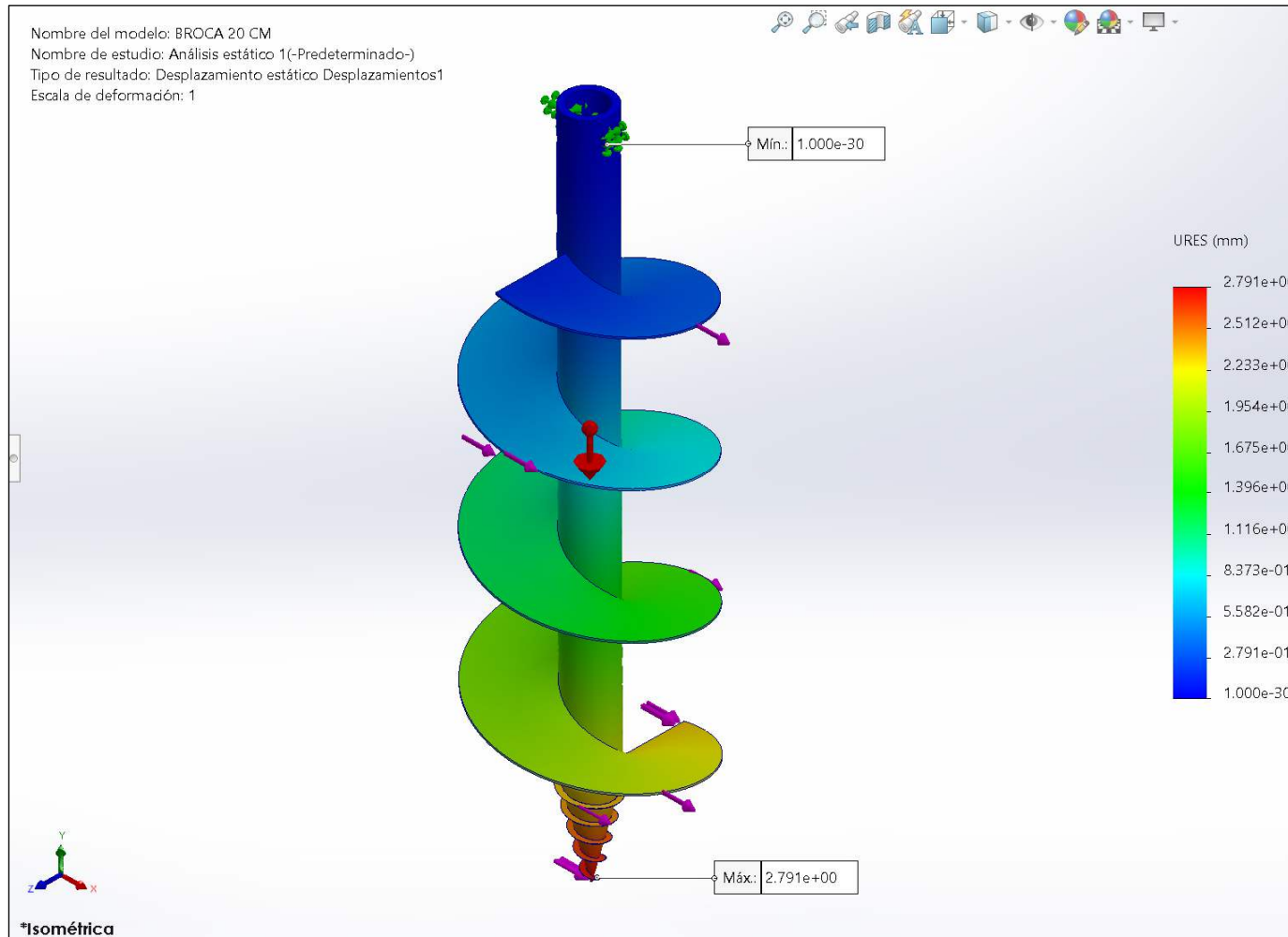
Esfuerzos generados de la simulación estática para la broca de 20 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 50

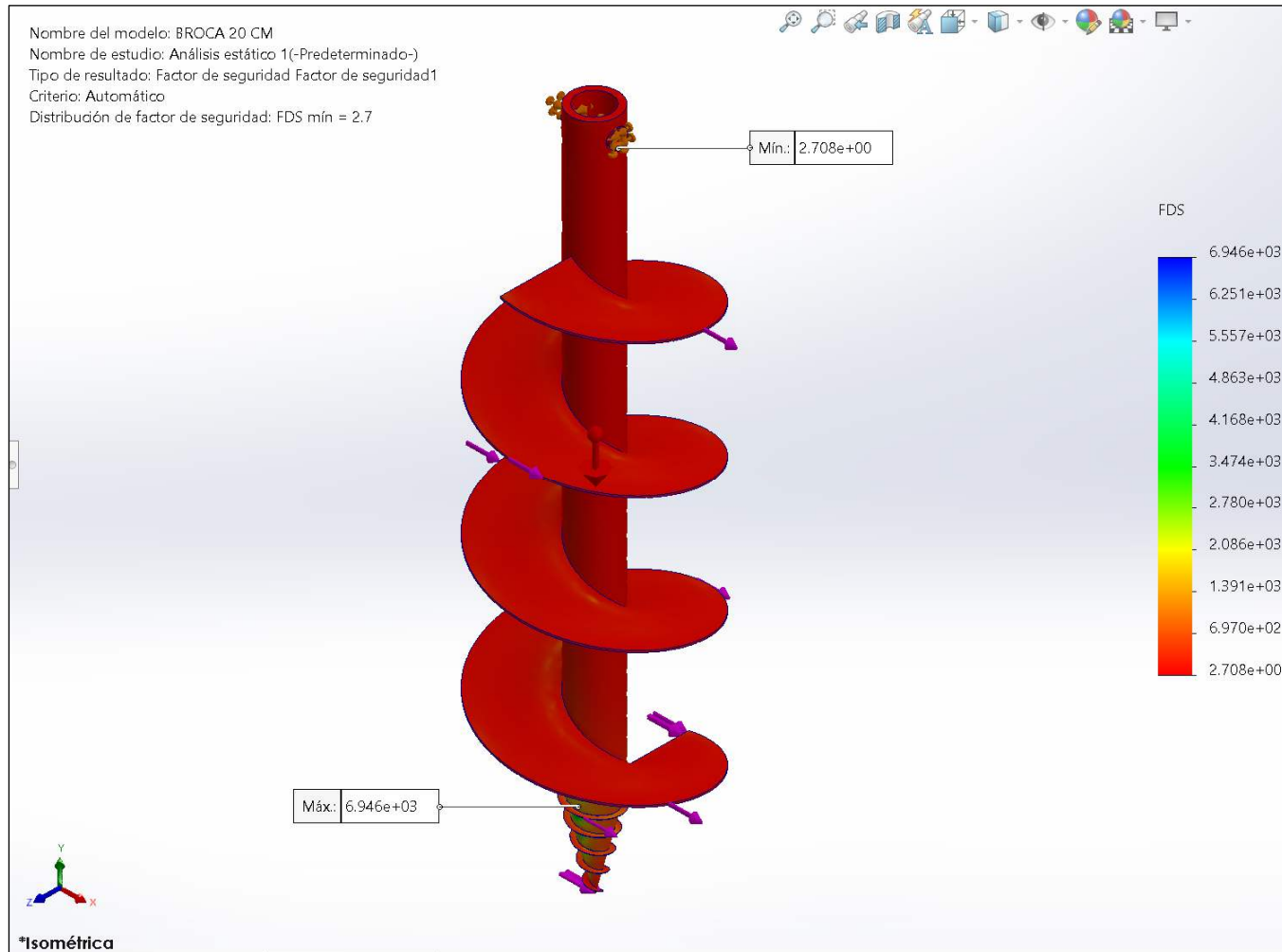
Desplazamientos generados de la simulación estática para la broca de 20 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 51

Factores de seguridad generados de la simulación estática para la broca de 20 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado y simulación estática de la broca de 25 cm de diámetro

Para la broca de 25 cm de diámetro, se seleccionó un acero AISI 1045 estirado en frío, disponible en la galería del programa, que luego de hacer las configuraciones necesarias, se procedió con el análisis estático, obteniendo:

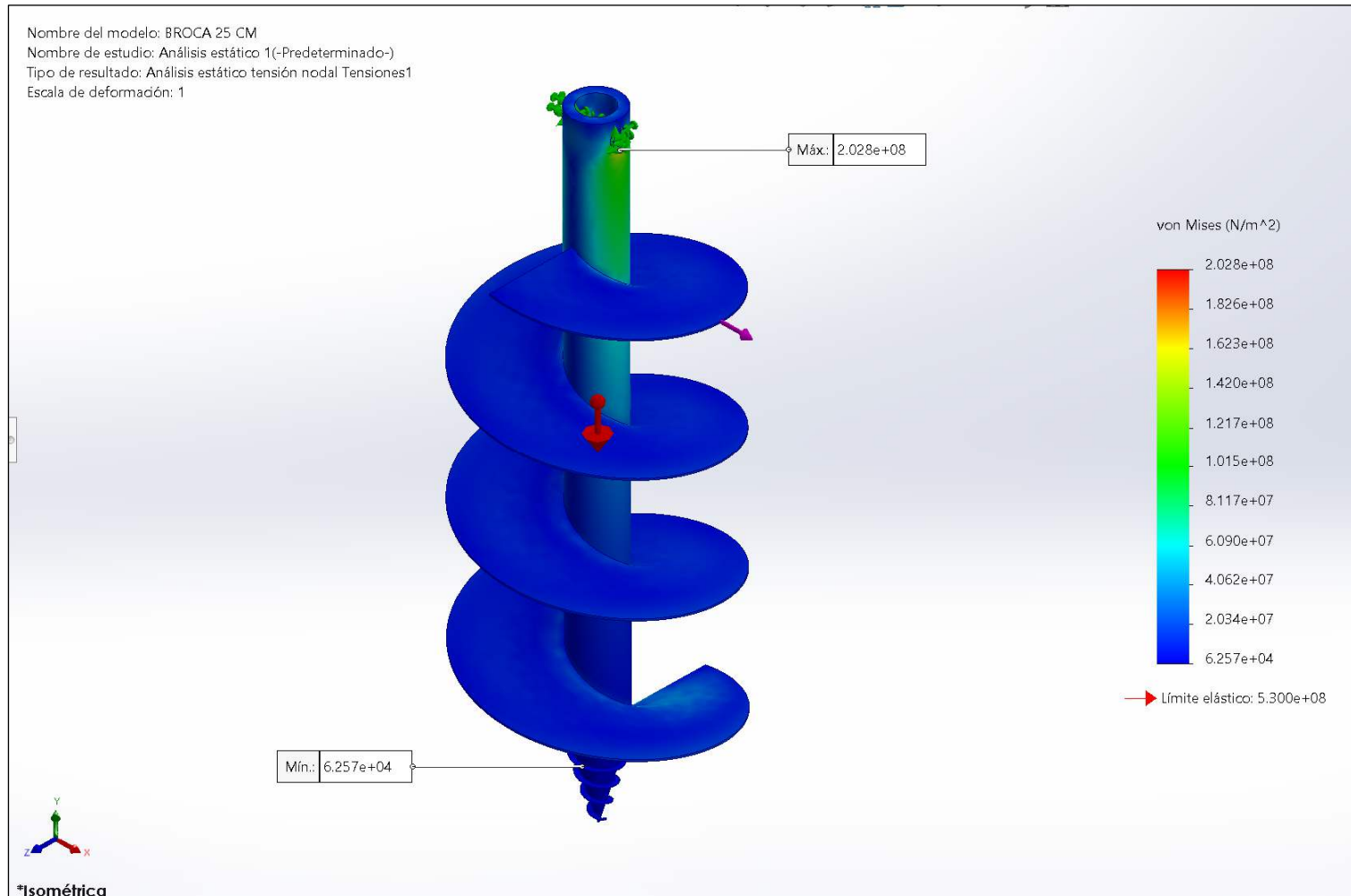
La Figura 50 muestra los esfuerzos que se generan en la broca de 25 cm de análisis, obteniendo un máximo esfuerzo de 202,80 MPa, siendo inferior al límite elástico del acero empleado que es de 530 MPa.

La Figura 51 muestra las deformaciones que se generan en la broca de 25 cm de análisis, obteniendo un máximo desplazamiento de 2,693 mm, siendo bastante pequeño en relación a las dimensiones de la broca en estudio.

La Figura 52 muestra los factores de seguridad que se generan en la broca de 25 cm de análisis, obteniendo un mínimo valor de 2,613 o redondeado a 2,60 según el programa, demostrando lo viable en términos técnicos de la selección del acero mencionado.

Figura 52

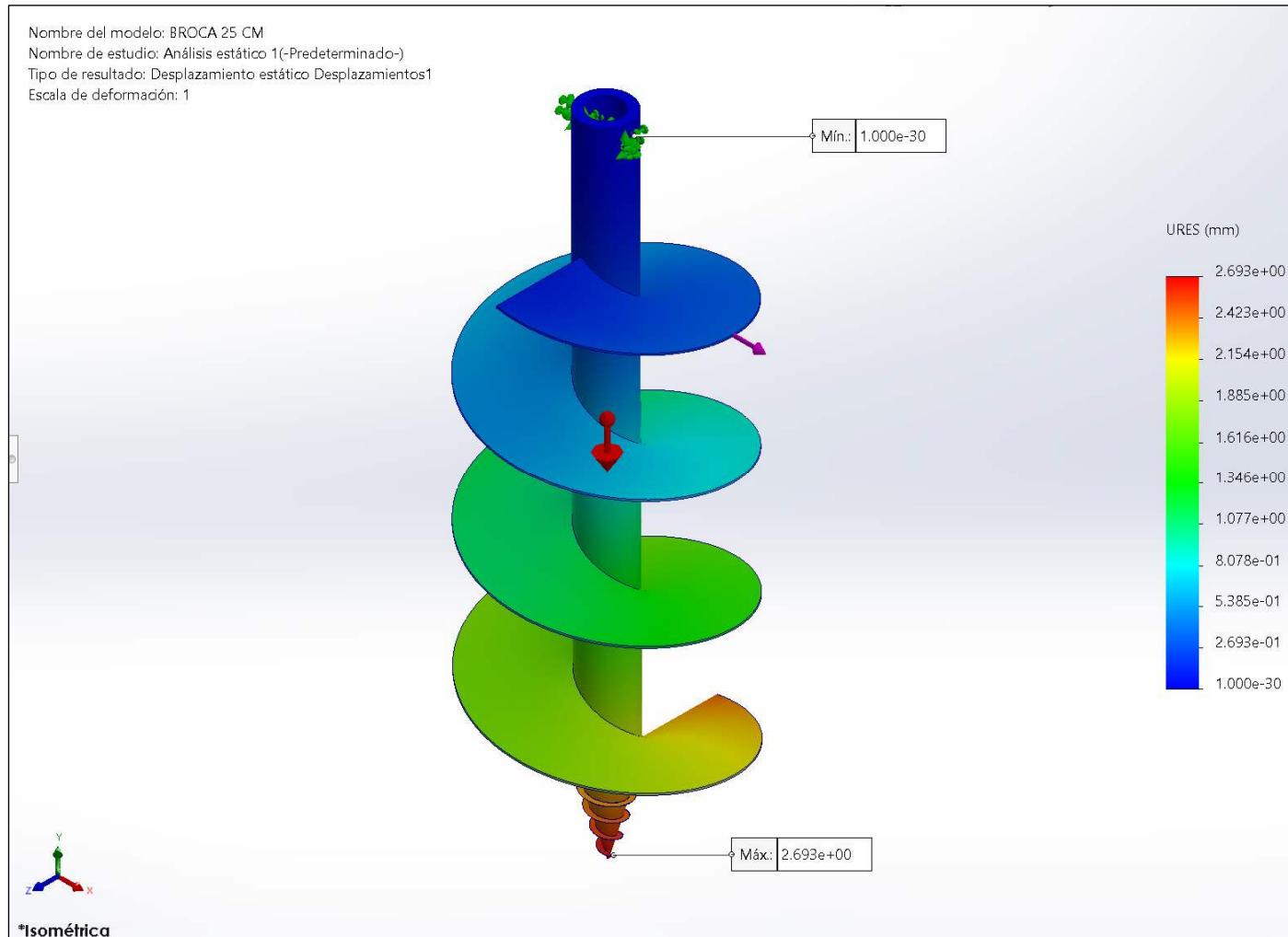
Esfuerzos generados de la simulación estática para la broca de 25 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 53

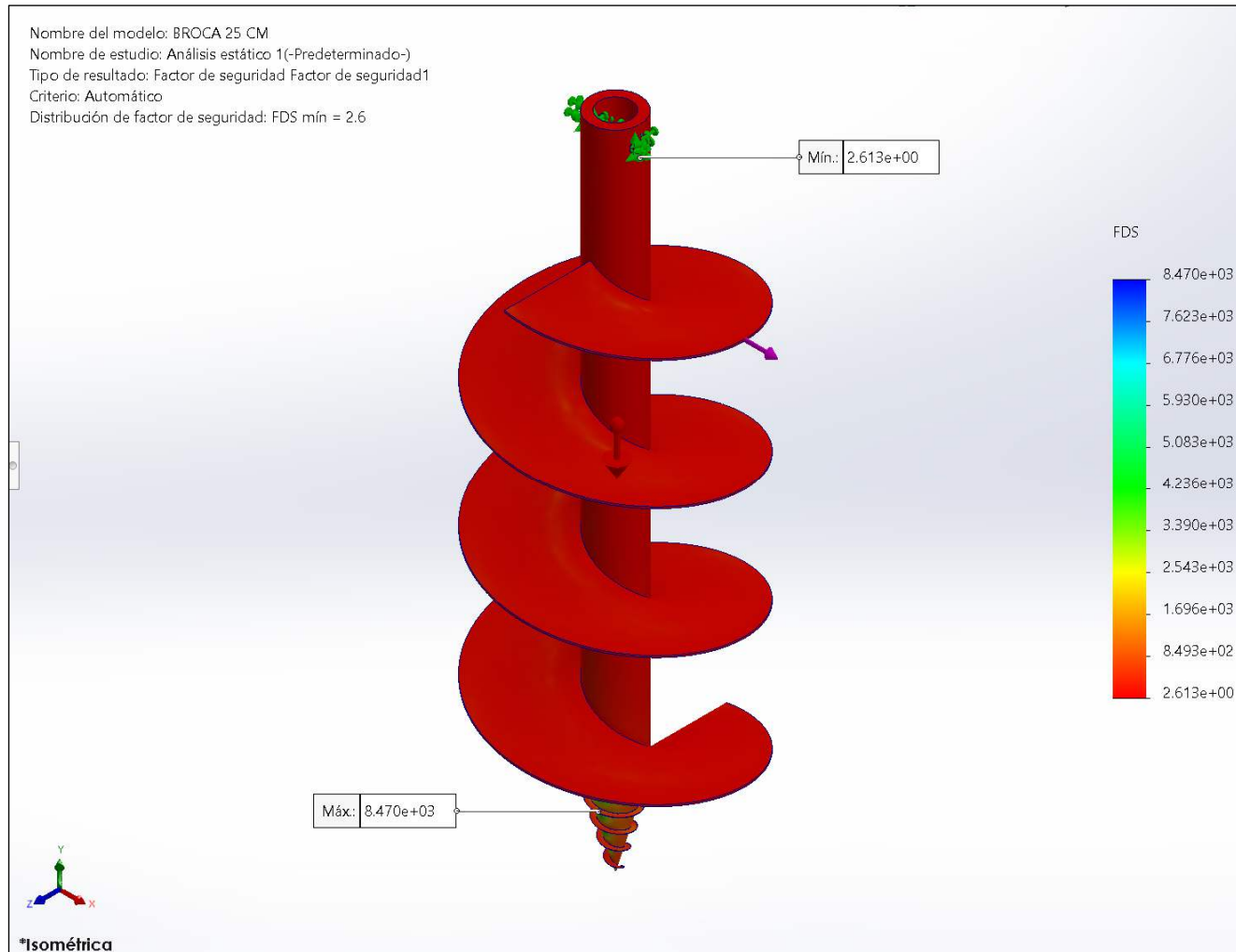
Desplazamientos generados de la simulación estática para la broca de 25 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 54

Factores de seguridad generados de la simulación estática para la broca de 25 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado de las brocas para la máquina perforadora multipropósito

La máquina perforadora multipropósito debe emplear brocas o barrenos diseñados de acuerdo a los requerimientos de potencia y cálculo efectuados, las cuales van variando desde 10 cm hasta 25 cm, que se detallan a continuación.

En la Figura 53 se aprecia el modelado de la broca de 10 cm de diámetro, con sus vistas respectivas para una mejor comprensión de cómo deben ser diseñadas.

En la Figura 54 se aprecia el modelado de la broca de 15 cm de diámetro, con sus vistas respectivas para una mejor comprensión de cómo deben ser diseñadas.

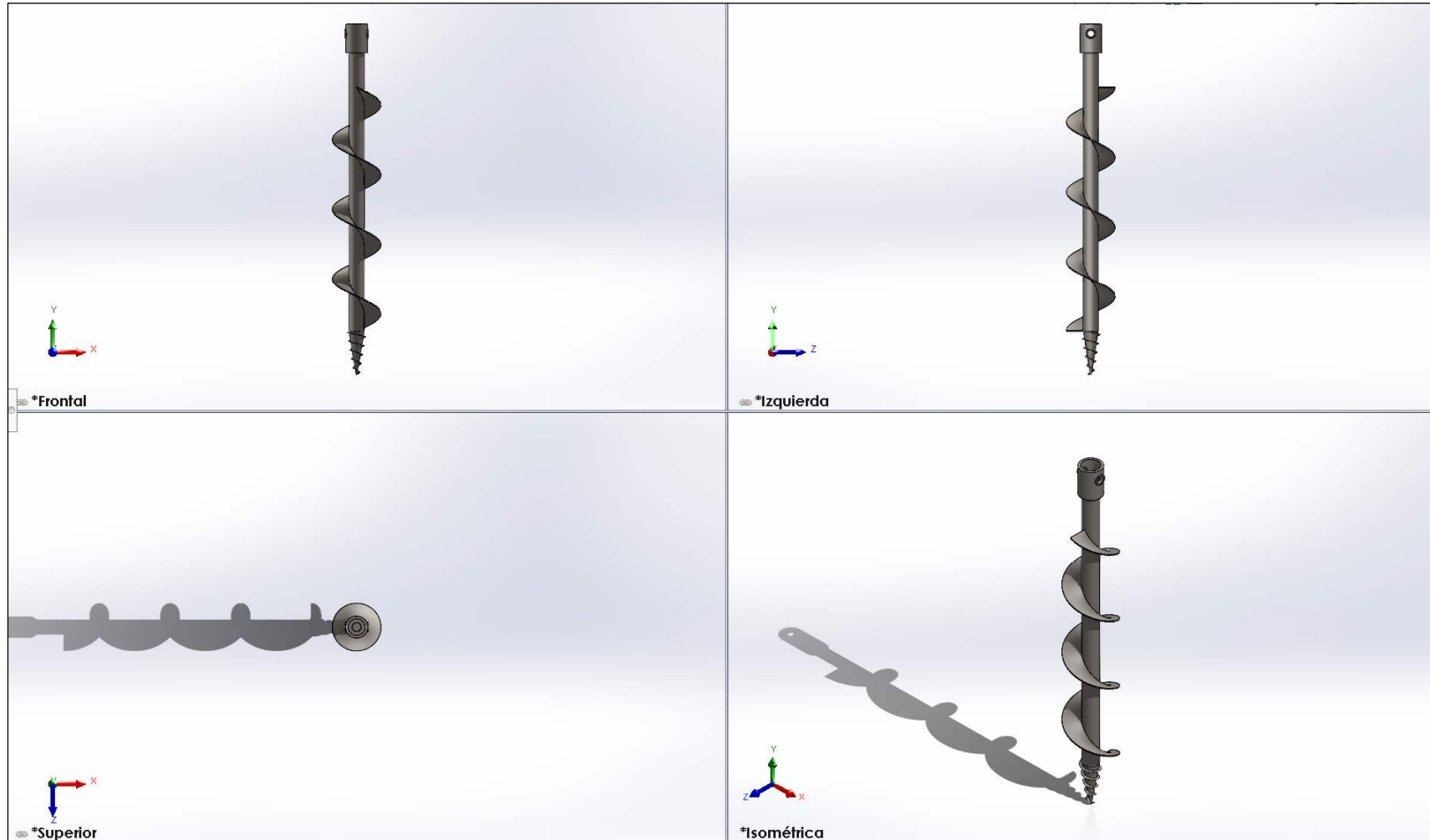
En la Figura 55 se aprecia el modelado de la broca de 20 cm de diámetro, con sus vistas respectivas para una mejor comprensión de cómo deben ser diseñadas.

En la Figura 56 se aprecia el modelado de la broca de 25 cm de diámetro, con sus vistas respectivas para una mejor comprensión de cómo deben ser diseñadas.

En la Figura 57 se puede observar las cuatro brocas o barrenos, desde la menor hasta la mayor, partiendo de 10 cm hasta 25 cm de diámetro, con el propósito de identificar como van variando dependiendo del tamaño.

Figura 55

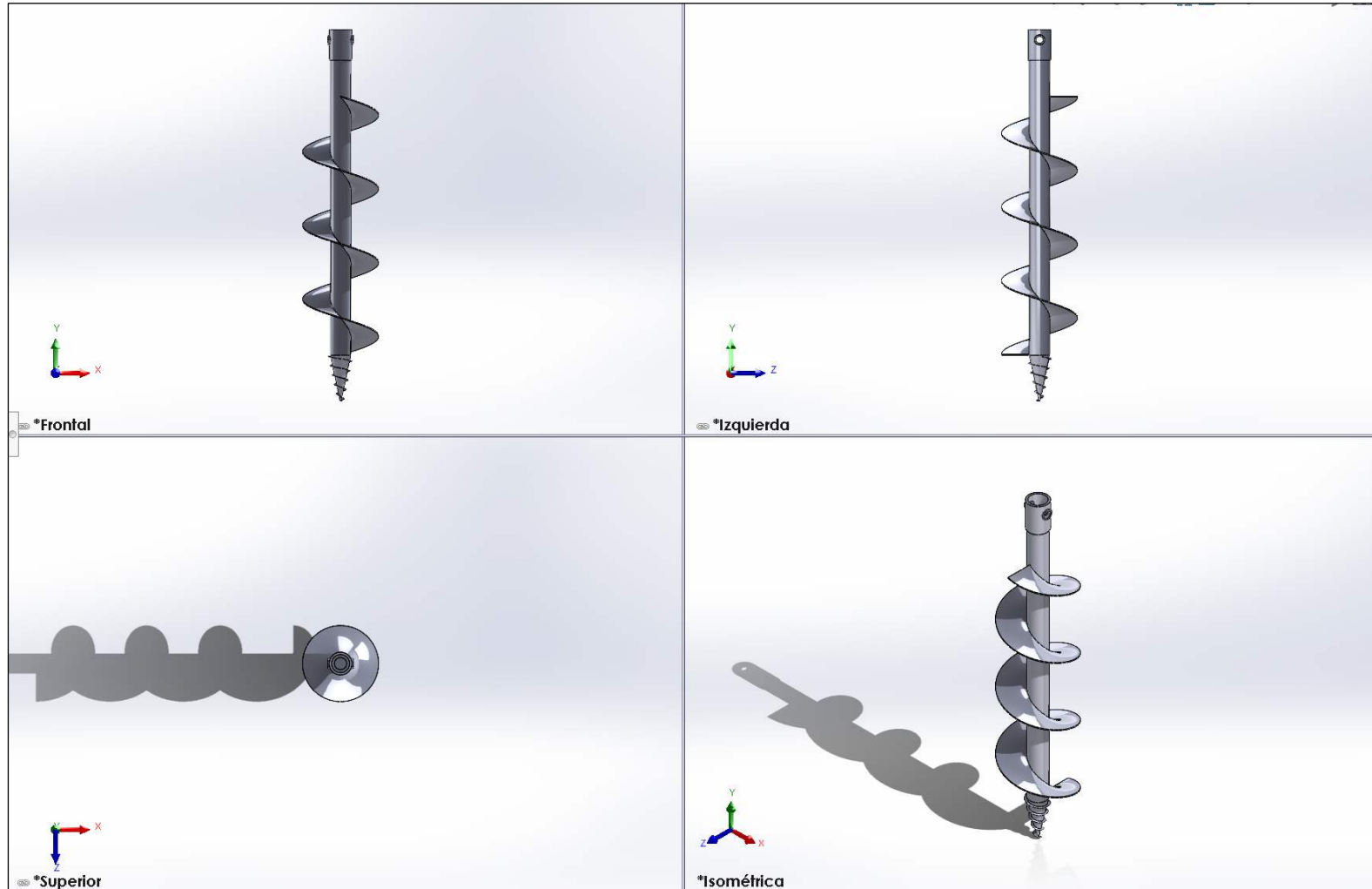
Vista frontal, izquierda, superior e isométrica para la broca de 10 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 56

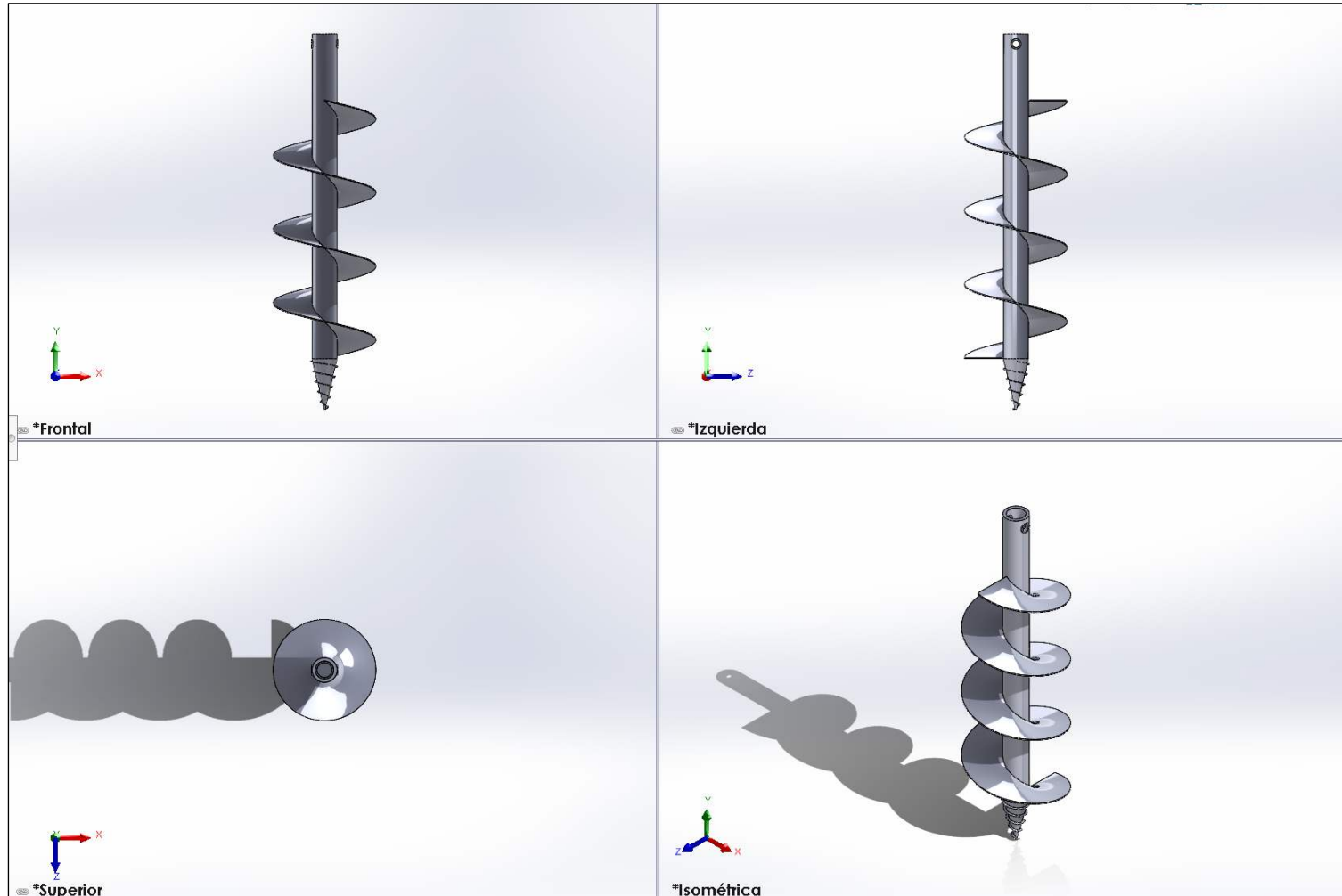
Vista frontal, izquierda, superior e isométrica para la broca de 15 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 57

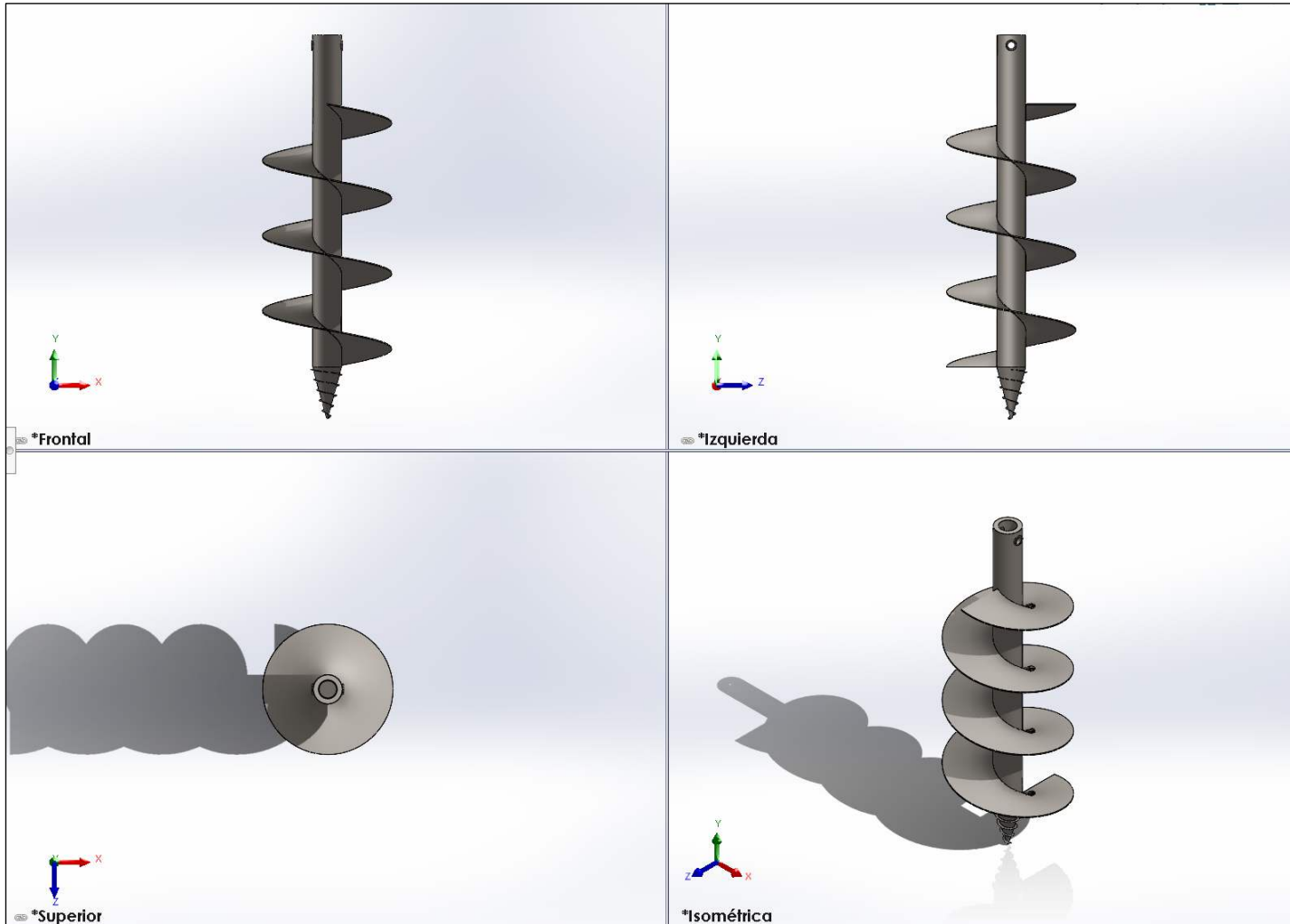
Vista frontal, izquierda, superior e isométrica para la broca de 20 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 58

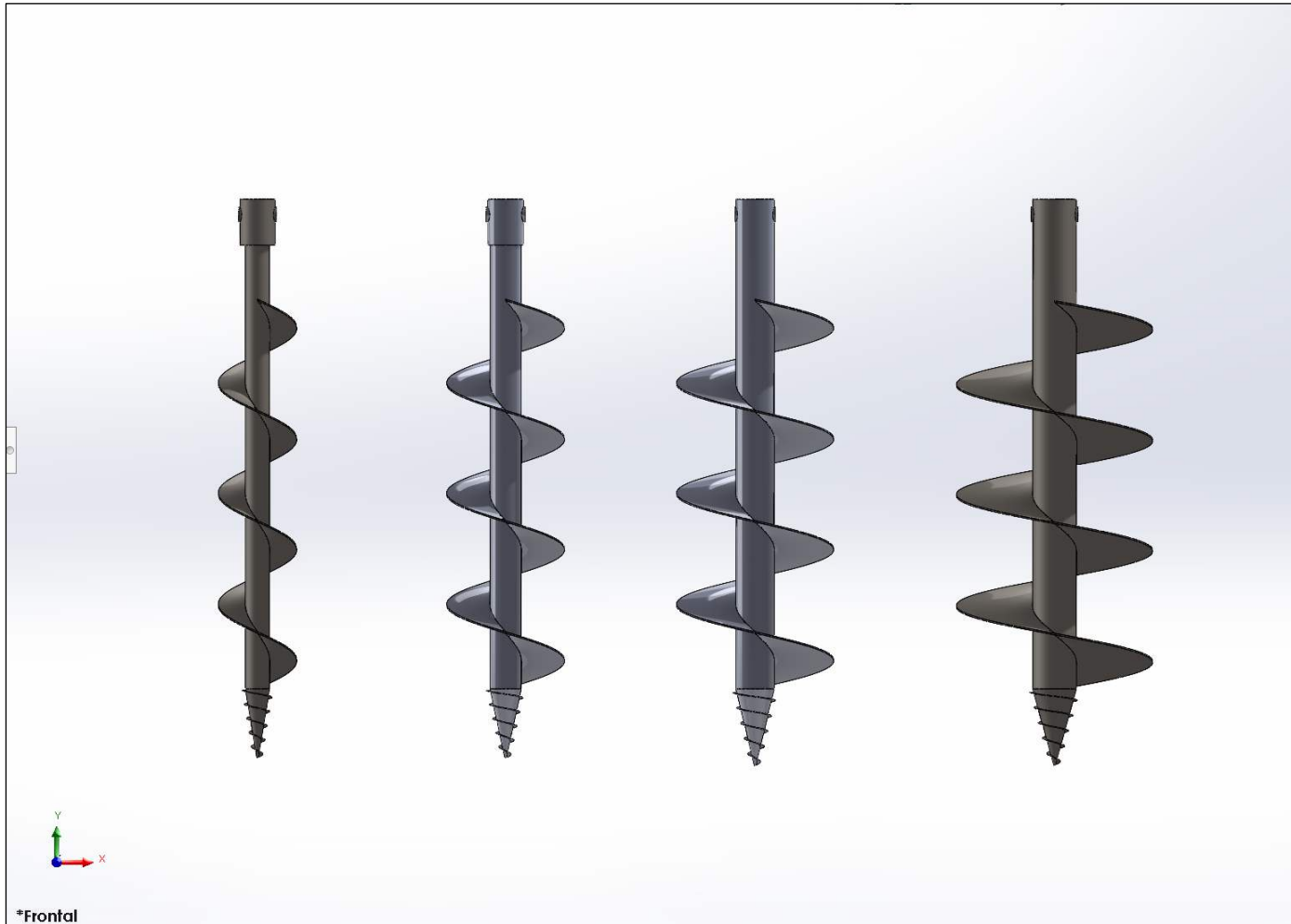
Vista frontal, izquierda, superior e isométrica para la broca de 25 cm de diámetro



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 59

Vista frontal de las brocas de 10 cm, 15 cm, 20 cm y 25 cm



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Modelado del sistema de transmisión con engranes rectos y cónicos rectos

En la Figura 58 se muestra el ensamblaje de los componentes necesarios para el sistema de transmisión, donde la caja que alberga a todos los componentes se cambió a modo de transparencia para poder observar su configuración interna de los ejes, piñones, engranes, piñón cónico y engrane cónico, con sus respectivos rodamientos.

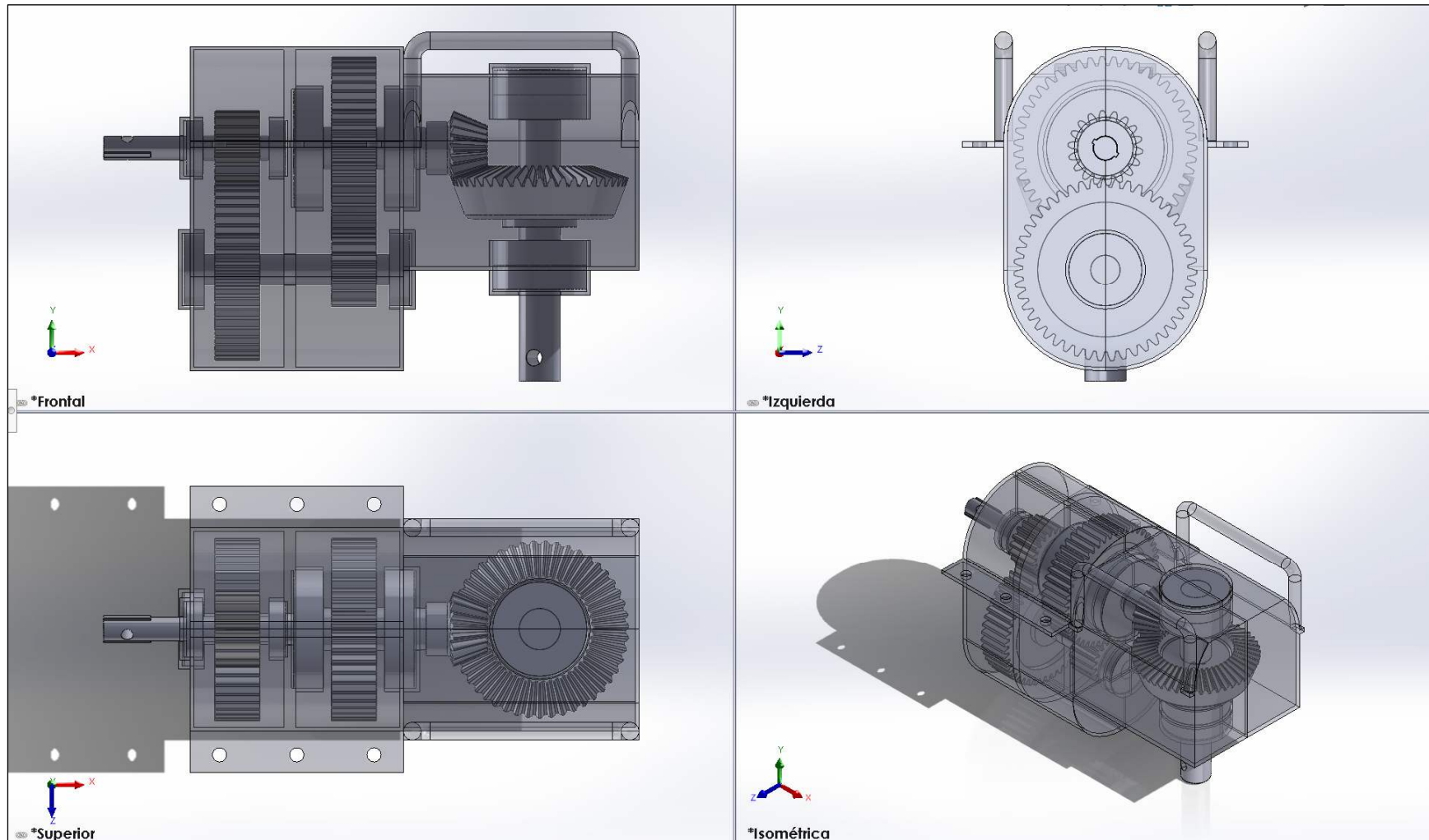
Modelado del ensamblaje para la máquina perforadora multipropósito

En la Figura 59 se puede apreciar la representación de las vistas frontal, izquierda, superior e isométrica del ensamblaje de la máquina perforadora multipropósito, observando la ubicación del motor de combustión interna, el eje del cardan, el sistema de transmisión, estructura de transporte con sus ruedas giratorias, broca de 25 centímetros para el ahoyado del suelo.

En la Figura 60 se observa la representación isométrica del ensamblaje de todos los elementos y componentes respectivos para poder obtener la máquina perforadora multipropósito.

Figura 60

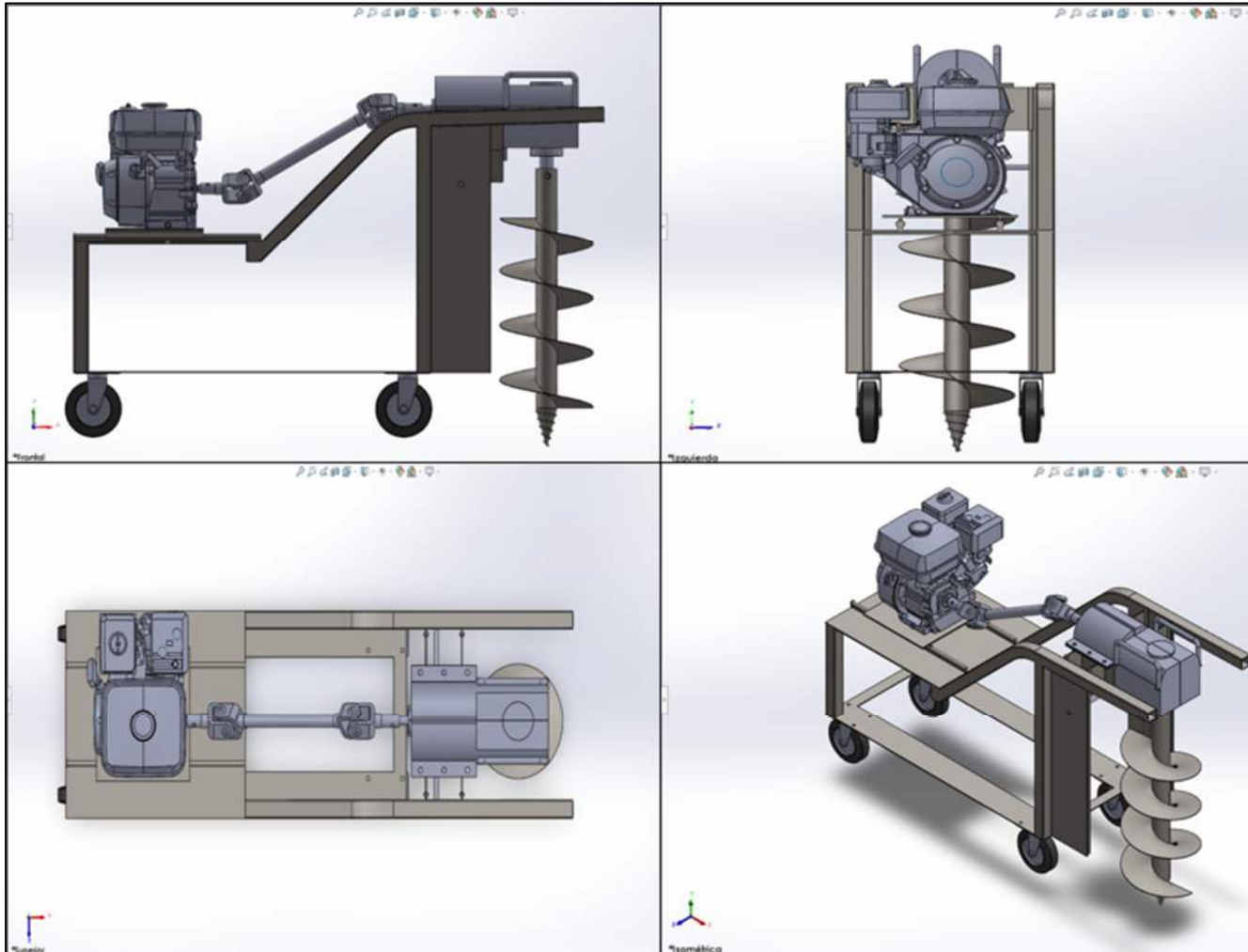
Vista frontal, izquierda, superior e isométrica para el ensamblaje del sistema de transmisión de dientes rectos y cónicos rectos



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 61

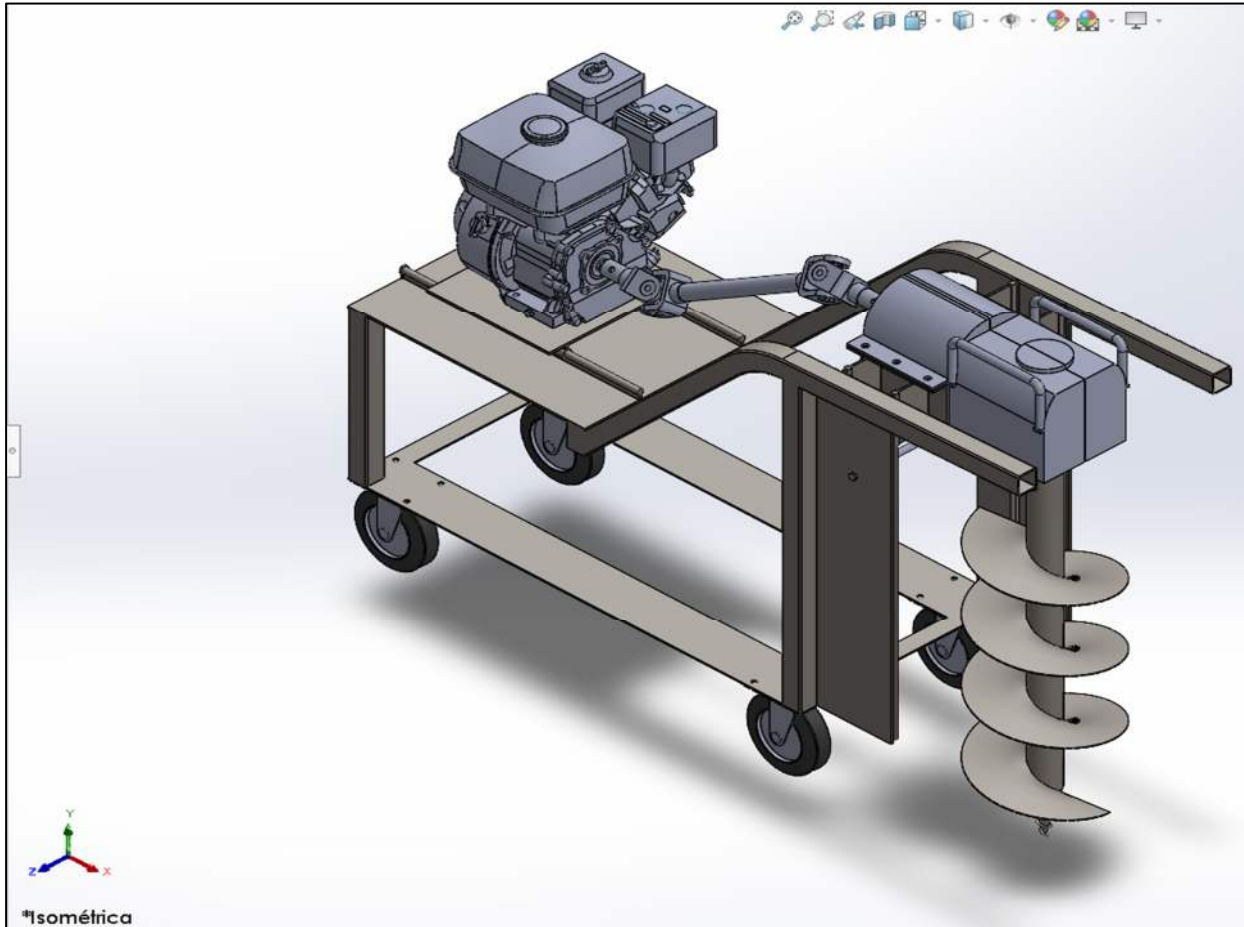
Representación de las vistas frontal, izquierda, superior e isométrica del ensamblaje de la máquina perforadora multipropósito



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

Figura 62

Representación isométrica del ensamblaje de todos los componentes de la máquina perforadora multipropósito



Nota: Generado con SolidWorks 2022.

5.1.4. Análisis económico de rentabilidad para la propuesta de diseño

Continuando con la investigación, se procedió con determinar el costo de inversión para poder implementar la máquina perforadora multipropósito que permita mejorar la actividad agrícola en el centro poblado Cerro La Vieja ubicado en Motupe, donde la Tabla 29 resume toda la información respectiva con respecto a los componentes y materiales que la conforman.

Tabla 29

Lista de materiales para máquina perforadora multipropósito

Componente	Cantidad	Precio por unidad	Precio parcial
Soporte para motor (base deslizante)	1	S/ 147,60	S/ 147,60
Estructura soporte de maquina perforadora	1	S/ 492,00	S/ 492,00
Estructura deslizante para soporte de caja de transmisión	1	S/ 147,60	S/ 147,60
Caja para sistema de transmisión 1 y 2	1	S/ 266,50	S/ 266,50
Eje y cardan para motor	1	S/ 172,20	S/ 172,20
Eje extensor para cardan	1	S/ 287,00	S/ 287,00
Eje y cardan para transmisión	1	S/ 172,20	S/ 172,20
Eje 1 para transmisión (21 mm de diámetro)	1	S/ 110,70	S/ 110,70
Eje 2 para transmisión (26 mm de diámetro)	1	S/ 131,20	S/ 131,20
Eje 3 para transmisión (36 mm de diámetro)	1	S/ 164,00	S/ 164,00
Eje 4 para transmisión (36 mm de diámetro)	1	S/ 221,40	S/ 221,40
Piñón recto de 18 dientes (para eje 21 mm)	1	S/ 127,10	S/ 127,10
Piñón recto de 18 dientes (para eje 26 mm)	1	S/ 127,10	S/ 127,10
Engrane recto de 47 dientes (para eje 26 mm)	1	S/ 315,70	S/ 315,70
Engrane recto de 47 dientes (para eje 36 mm)	1	S/ 315,70	S/ 315,70
Piñón cónico recto de 18 dientes (para eje de 36 mm)	1	S/ 180,40	S/ 180,40
Engrane cónico recto de 47 dientes (para eje 36 mm)	1	S/ 352,60	S/ 352,60
Broca de 10 cm	1	S/ 147,60	S/ 147,60
Broca de 15 cm	1	S/ 180,40	S/ 180,40
Broca de 20 cm	1	S/ 221,40	S/ 221,40
Broca de 25 cm	1	S/ 287,00	S/ 287,00
Motor Honda GX270H2	1	S/ 1 148,00	S/ 1 148,00
Rodamiento SKF 6204	2	S/ 4,10	S/ 8,20
Rodamiento SKF 6305	2	S/ 4,10	S/ 8,20
Rodamiento SKF 6407	2	S/ 36,09	S/ 72,18
Rodamiento SKF 6307	1	S/ 12,30	S/ 49,20
Cruceta para cardan 26x69.8 Seg. Exter. (inc. rodamientos)	2	S/ 29,10	S/ 58,20
Llanta imponchable completa (Aro, eje y rodamientos)	4	S/ 39,40	S/ 157,60
Electrodo supercito E7018 1/8" x Kg	3	S/ 13,40	S/ 43,20
Accesorios varios	1	S/ 150,00	S/ 150,00
Subtotal sin IGV			S/ 6 262,18
Imprevistos (7% de subtotal sin IGV)			S/ 438,35
IGV (18% de Subtotal sin IGV)			S/ 1 127,19
Costo total por materiales para máquina perforadora multipropósito			S/ 7 827,73

Nota: Elaboración propia.

El costo en mano de obra por ensamblaje y pruebas es de S/.615,00, para transporte de S/.200,00, con un subtotal sin IGV de S/.815,00, con un IGV de S/.146,70, sumando un costo total por mano de obra, transporte y pruebas de S/.961,70.

Tabla 30

Resumen de costos para mano de obra, transporte y pruebas

Descripción	Cantidad	Precio por unidad	Precio parcial
Mano de obra por ensamblaje y pruebas	1	S/ 615,00	S/ 615,00
Costo de transporte	1	S/ 200,00	S/ 200,00
Subtotal sin IGV			S/ 815,00
IGV (18% de Subtotal sin IGV)			S/ 146,70
Costo total por mano de obra, transporte y pruebas			S/ 961,70

Nota: Elaboración propia.

Entonces, el costo total considerando materiales más la mano de obra con transporte y pruebas que se puede apreciar en la Tabla 31, asciende a la suma total de S/.8 789,43.

Tabla 31

Resumen de costos para mano de obra, transporte y pruebas

Detalle	Precio parcial
Costo total por materiales para máquina perforadora multipropósito	S/ 7 827,73
Costo total por mano de obra, transporte y pruebas	S/ 961,70
Costo total para implementar máquina perforadora multipropósito	S/ 8 789,43

Nota: Elaboración propia.

Consumo de combustible

Tomando lo indicado en la ficha técnica del motor seleccionado se tiene un consumo de combustible de 1.9 L/h en modo intermitente, con un total de 8 horas diarias de trabajo, serian 15,2 L/día es decir 4,01 galones; el precio actualizado de la gasolina de 90 octanos es de S/. 11,79 por galón, lo que se traduce en un gasto de S/. 47,34.

Beneficio obtenido con máquina

Para calcular el ahorro o beneficio que se obtiene al realizar las excavaciones con la maquina propuesta es necesario saber cuál es el tiempo que toma el realizar cada una de las excavaciones para los distintos

tipos de cultivo.

En vista de que para ello es necesario realizar un prototipado y posteriormente pruebas de excavaciones en campo, lo cual no está a nuestro alcance, tomaremos como base la investigación realizada por (SALGUEDO, 2013) en la que diseña e implementa una maquina hoyadora para el plantado de árboles en Saquisilí- Ecuador; en la realización de pruebas en suelo cangagua cuya capacidad portante está en el rango de 0,9 – 1,2 Kg/cm² es decir tiene características similares al suelo de CC. PP cerro la vieja obtiene los siguientes resultados:

Figura 63

Resultado de tiempos de perforación obtenidos en pruebas realizadas en suelo cangagua.

PROFUNDIDAD(cm)	TIEMPO DE PERFORADO(s)
15	30
25	60
40	90

Nota: Obtenido de Salgado (p.156,2013)

Como se puede apreciar el realizar un hoyo de 20 cm de diámetro y 40 cm de profundidad toma 90 segundos, aclarando que para ello la maquina diseñada por Salgado está equipada con un motor de podadora Briggs & Stratton modelo 90000 con un desplazamiento de 148 cc.

Con base en estos resultados obtenidos, calcularemos los posibles tiempos que tomara realizar las excavaciones, los cuales deben ser menores tomando en cuenta que el motor implementado en el presente diseño tiene un desplazamiento de 270 cc es decir un 45% más que el motor utilizado en las pruebas.

En la tabla 32 se muestra el tiempo que se tarda en habilitar un hoyo, este tiempo es la suma del tiempo de ahoyado con la maquina perforadora más el tiempo que toma perfilar o cuadrar de dicho hoyo, además se calculará

el promedio de hoyos que se pueden realizar en un día para cada tipo de cultivo.

$$T_{\text{hoyo}}(\text{min}) = \frac{n \times T1 + T2}{60}$$

Donde:

n = cantidad de perforaciones necesarias para habilitar 01 hoyo

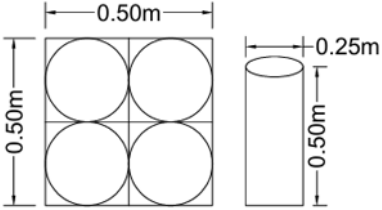
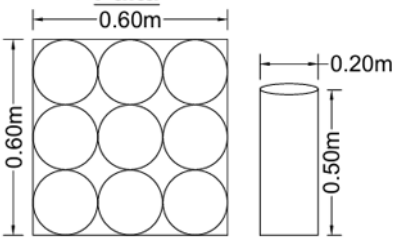
$T1$ = Tiempo (s) que toma realizar 01 hoyo de con las medidas indicadas

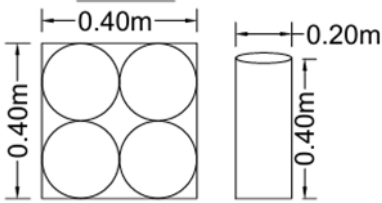
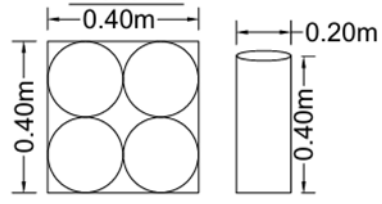
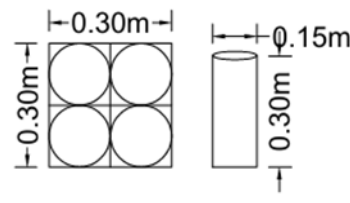
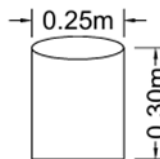
$T2$ = Tiempo (s) que demora perfilar el hoyo

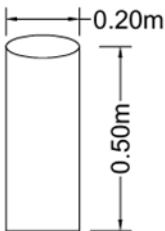
$$\# \text{ hoyos por dia} = \frac{60}{T_{\text{hoyo}}} * 8$$

Tabla 32

Tiempo de ahoyado y cantidad de hoyos por día utilizando la maquina perforadora multipropósito.

Cultivo y medidas de cada hoyo	Tiempo por cada hoyo y cantidad de hoyos por día
<p style="text-align: center;">Mango</p> 	<p>$T1 = 96s$ $T2 = 120s$ $T_{\text{hoyo}}(\text{min}) = \frac{4 \times 96 + 120}{60}$ $T_{\text{hoyo}}(\text{min}) = 8,4$ $\# \text{ hoyos por dia} = \left(\frac{60}{8,4}\right) * 8 = 57,2$</p>
<p style="text-align: center;">Palta</p> 	<p>$T1 = 62s$ $T2 = 173s$ $T_{\text{hoyo}}(\text{min}) = \frac{9 \times 62 + 173}{60}$ $T_{\text{hoyo}}(\text{min}) = 12,18$ $\# \text{ hoyos por dia} = \left(\frac{60}{12,18}\right) * 8 = 39,4$</p>

<p style="text-align: center;">Limon</p> 	<p>$T1 = 49s$ $T2 = 62s$</p> $T_{hoyo}(min) = \frac{4 \times 49 + 62}{60}$ $T_{hoyo}(min) = 4,3$ $\# \text{ hoyos por dia} = \left(\frac{60}{4,3}\right) * 8 = 111,7$
<p style="text-align: center;">Platano</p> 	<p>$T1 = 49s$ $T2 = 62s$</p> $T_{hoyo}(min) = \frac{4 \times 50 + 62}{60}$ $T_{hoyo}(min) = 4,3$ $\# \text{ hoyos por dia} = \left(\frac{60}{4,3}\right) * 8 = 111,7$
<p style="text-align: center;">Papaya</p> 	<p>$T1 = 21s$ $T2 = 26s$</p> $T_{hoyo}(min) = \frac{4 \times 21 + 26}{60}$ $T_{hoyo}(min) = 1,83$ $\# \text{ hoyos por dia} = \left(\frac{60}{1,83}\right) * 8 = 261,9$
<p style="text-align: center;">Maracuyá</p> 	<p>$T1 = 58s$ $T2 = 0$ (no es necesario)</p> $T_{hoyo}(min) = \frac{1 \times 58 + 0}{60} = 0,96$ $\# \text{ hoyos por dia} = \left(\frac{60}{0,96}\right) * 8 = 496,6$

<p>Sist. Conduccion Maracuyá</p> 	$T1 = 62s$ $T2 = 0$ (no es necesario) $T_{hoyo} (min) = \frac{1 \times 62 + 0}{60} = 1,03$ $\# \text{ hoyos por dia} = \left(\frac{60}{1,03} \right) * 8 = 464,6$
---	---

Nota: Elevación propia.

Una vez calculado la cantidad de hoyos que se pueden realizar en un día con la máquina perforadora, y teniendo en cuenta la densidad o cantidad de plántones por hectárea, en la tabla 33 se calcula la cantidad de días necesarios para habilitar 01 hectárea dependiendo de cada cultivo, todo esto con la finalidad de calcular el ahorro o beneficio obtenido al hacer uso de la máquina perforadora.

Tabla 33

Cantidad de jornales necesarios para ahoyar 1 hectárea, según cultivo método manual vs. Máquina perforadora multipropósito

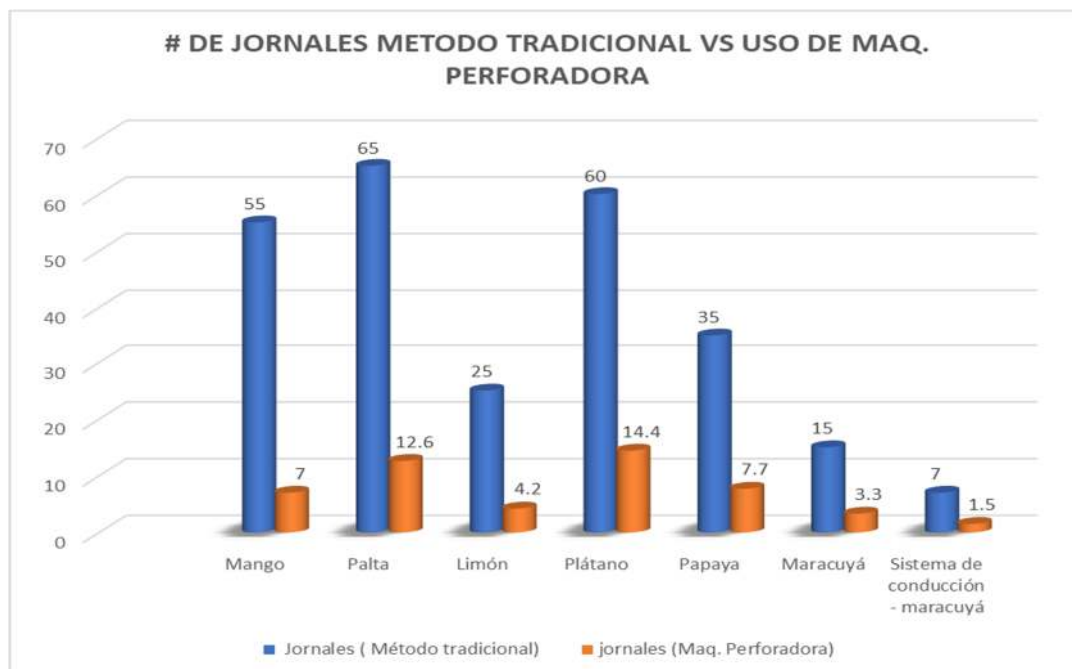
Cultivo / Sist. conducción	Densidad (Plantas / hectárea)	Máquina Multipropósito		# Jornales (Método tradicional)
		# hoyos por día	#jornales	
Mango	400	57,2	7	55
Palta	494	39,4	12,6	65
Limón	460	111,7	4,2	25
Plátano	1600	111,7	14,4	60
Papaya	2000	261,9	7,7	35
Maracuyá	1600	496,6	3,3	15
Sistema de conducción - maracuyá	667	464,6	1,5	7

Nota: Elaboración propia

En la figura 64 se puede apreciar que la diferencia del número de jornales necesarios para habilitar una hectárea dependiendo de cada tipo de cultivo es en promedio 5 veces menos haciendo uso de la máquina perforadora multipropósito, lo que se traduce en un ahorro de igual porcentaje.

Figura 64

Representación gráfica de la diferencia de días entre hacer uso de la maquina perforadora y el método tradicional de ahoyado



Nota: Elaboración propia

Con la información obtenida anteriormente en la tabla 34 se muestra el ahorro generado por la maquina perforadora multipropósito en una hectárea de cultivo, para ello tomaremos como base un jornal de S/. 60 soles diarios.

Tabla 34

Ahorro generado por hectárea al hacer uso de la maquina perforadora multipropósito

Cultivo	Jornales (Maq. multipropósito)	Jornales (Método tradicional)	Jornales ahorrados	Ahorro S/.
Mango	7	55	48	S/ 2,880.00
Palta	12,6	65	52,4	S/ 3,144.00
Limón	4,2	25	20,8	S/ 1,248.00
Plátano	14,4	60	45,6	S/ 2,736.00
Papaya	7,7	35	27,3	S/ 1,638.00
Maracuyá	3,3	15	11,7	S/ 702.00
Sistema de conducción - maracuyá	1,5	7	5,5	S/ 330.00

Nota: Elaboración propia

Costo mantenimiento

Según (Cropilots, 2025) el costo de mantenimiento de un equipo agrícola varía de acuerdo a la edad, esto es razonable ya que un equipo más viejo o con mayor cantidad de años de uso incurre en mayores costos de mantenimiento, es por ello que para un análisis de costos recomienda los siguientes porcentajes:

- Equipos nuevos (0-3 años): 2-4% del valor del tractor por año
- Equipos medianos (4-8 años): 4-6% del valor del tractor por año
- Equipos maduros (9-15 años): 6-10% del valor del tractor por año
- Equipos antiguos (15+ años): 10-15% del valor del tractor por año

Este costo de mantenimiento cubrirá los gastos de cambio de aceite para la caja de transmisión, mantenimiento del motor, u otros que puedan surgir durante el funcionamiento de la máquina.

Costo de operación

Es necesario emplear una persona para que pueda operar la máquina perforadora multipropósito, en vista de que es un equipo de fácil manejo u operación para el análisis de costos asumiremos que el costo del jornal es el mismo que el de un peón es decir S/.60 diario.

Análisis de rentabilidad

En vista de que al hacer uso de la maquina perforadora la cantidad de días necesarios para habilitar una hectárea de cultivo es aproximadamente la quinta parte del método tradicional, el monto ahorrado varía en función al producto cultivado, para simplificar nuestro análisis nos centraremos específicamente en el cultivo de la palta ya que es el cultivo más característico en el distrito de Motupe del cual forma parte el CC.PP Cerro la Vieja; además para que el análisis sea lo más realista posible asumiremos que al año se cultivan en promedio 7 hectáreas.

Para realizar un correcto análisis de rentabilidad, es necesario tener en

cuenta el origen del dinero, esto debido a que si es propio hay que tomar en cuenta el costo de oportunidad que este representa, y si el capital fuese obtenido por medio de financiamiento de entidades bancarias se tiene que tomar en cuenta los intereses que este genera.

Para el presente proyecto el financiamiento será obtenido mediante un préstamo bancario a una tasa de interés del 12% en un plazo de 12 meses; de acuerdo a la simulación del préstamo bancario producto de este financiamiento tendríamos que abonar un total de S/. 9,398.97; dicho monto será tomado en cuenta a la hora de realizar el análisis económico. Ver anexo 7.

Con respecto al porcentaje del impuesto a la renta (t) de acuerdo con la información obtenida del portal de la (SUNAT, 2025) los contribuyentes del Régimen MYPE Tributario - RMT, determinarán aplicando a la renta neta anual la siguiente escala progresiva acumulativa:

- Hasta 15 UIT 10%
- Más de 15 UIT 29.5%

En vista de que nuestro flujo de caja no supera las 15 UIT se considerará el 10% de impuesto a la renta para el análisis económico.

La tasa de descuento (i) la obtendremos mediante el WACC (Weighted average cost of capital) es decir el costo promedio ponderado del capital el cual es una métrica financiera que representa el costo promedio de financiar los activos de una empresa a través de una combinación de capital propio y deuda. Se utiliza principalmente como tasa de descuento para valorar proyectos y empresas, indicando la rentabilidad mínima que debe generar la empresa para satisfacer a todos sus financiadores (Farhat, 2016) la formula del WACC es la siguiente:

$$WACC = K_e \frac{E}{(D + E)} + K_d \frac{D}{(D + E)} \dots (Ec. 85)$$

Donde:

K_e =costo de oportunidad del patrimonio

K_d =costo de la deuda después de impuestos

E = patrimonio

D = Deuda

$$K_d = rd * (1 - t) \dots (Ec. 86)$$

Donde:

rd =costo de la deuda (% de interés cobrado por la entidad bancaria)

t = tasa de impuestos total (impuesto a la renta 10%)

Tomando en cuenta que el total del costo de inversión será obtenido mediante un préstamo bancario a una tasa de interés (rd) del 12% el primer término de la ecuación 85 queda sin efecto, entonces reemplazando K_d en la ecuación tendremos:

$$WACC = rd * (1 - t) \frac{D}{(D + E)} \dots (Ec. 87)$$

$$WACC = 12\% * (1 - 10\%) \frac{9,398.97}{(9,398.97 + 0)}$$

$$WACC = 11,86\%$$

Entonces para nuestro análisis financiero utilizaremos una tasa de descuento (i) del 11,86%.

Una vez obtenida toda la información necesaria, se procedió a evaluar los respectivos indicadores, obteniendo la Tabla 35. Entonces, del análisis se obtuvo una utilidad neta actualizada de S/.81,372.94 para todo el tiempo de vida útil, con un VAN de S/.71,974.21, una TIR de 117.20% y un tiempo de retorno o Payback de 0,85 años para poder recuperar la inversión.

Tabla 35

Resumen de análisis de rentabilidad para máquina perforadora multipropósito considerando una tasa de descuento (i) de 10% anual

Ítem	Año	Inversión	Ahorro o beneficio	Operación	Mantenimiento	Consumo de combustible	Ingreso bruto (I - E)	Impuesto a la renta	Ingreso neto	Ingreso neto Actualizado
0	2026	-S/ 9,398.73							-S/ 9,398.73	
1	2027		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 281.96	S/ 4,175.54	S/ 12,258.50	S/ 1,226.00	S/ 11,032.50	S/ 9,862.60
2	2028		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 281.96	S/ 4,175.54	S/ 12,258.50	S/ 1,226.00	S/ 11,032.50	S/ 8,816.75
3	2029		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 281.96	S/ 4,175.54	S/ 12,258.50	S/ 1,226.00	S/ 11,032.50	S/ 7,881.81
4	2030		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 469.94	S/ 4,175.54	S/ 12,070.52	S/ 1,207.00	S/ 10,863.52	S/ 6,938.10
5	2031		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 469.94	S/ 4,175.54	S/ 12,070.52	S/ 1,207.00	S/ 10,863.52	S/ 6,202.37
6	2032		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 469.94	S/ 4,175.54	S/ 12,070.52	S/ 1,207.00	S/ 10,863.52	S/ 5,544.66
7	2033		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 469.94	S/ 4,175.54	S/ 12,070.52	S/ 1,207.00	S/ 10,863.52	S/ 4,956.70
8	2034		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 469.94	S/ 4,175.54	S/ 12,070.52	S/ 1,207.00	S/ 10,863.52	S/ 4,431.08
9	2035		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 657.91	S/ 4,175.54	S/ 11,882.55	S/ 1,188.00	S/ 10,694.55	S/ 3,899.59
10	2036		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 657.91	S/ 4,175.54	S/ 11,882.55	S/ 1,188.00	S/ 10,694.55	S/ 3,486.07
11	2037		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 657.91	S/ 4,175.54	S/ 11,882.55	S/ 1,188.00	S/ 10,694.55	S/ 3,116.41
12	2038		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 657.91	S/ 4,175.54	S/ 11,882.55	S/ 1,188.00	S/ 10,694.55	S/ 2,785.94
13	2039		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 657.91	S/ 4,175.54	S/ 11,882.55	S/ 1,188.00	S/ 10,694.55	S/ 2,490.51
14	2040		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 657.91	S/ 4,175.54	S/ 11,882.55	S/ 1,188.00	S/ 10,694.55	S/ 2,226.42
15	2041		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 657.91	S/ 4,175.54	S/ 11,882.55	S/ 1,188.00	S/ 10,694.55	S/ 1,990.32
16	2042		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 1,409.81	S/ 4,175.54	S/ 11,130.65	S/ 1,113.00	S/ 10,017.65	S/ 1,666.65
17	2043		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 1,409.81	S/ 4,175.54	S/ 11,130.65	S/ 1,113.00	S/ 10,017.65	S/ 1,489.92
18	2044		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 1,409.81	S/ 4,175.54	S/ 11,130.65	S/ 1,113.00	S/ 10,017.65	S/ 1,331.92
19	2045		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 1,409.81	S/ 4,175.54	S/ 11,130.65	S/ 1,113.00	S/ 10,017.65	S/ 1,190.68
20	2046		S/ 22,008.00	S/ 5,292.00	S/ 1,409.81	S/ 4,175.54	S/ 11,130.65	S/ 1,113.00	S/ 10,017.65	S/ 1,064.42
Ingreso total neto actual									S/ 81,372.94	
VAN									S/ 71,974.21	
TIR									117.20%	
Payback									0.85	

Nota: Elaboración propia.

5.2. Discusión de resultados

El primer hallazgo sobre las condiciones de desarrollo agrícola en Cerro La Vieja, caracterizadas por un clima árido y dependencia del agua subterránea para el riego, coincide con investigaciones como las de Cabanillas & Paima (2023) y Rodríguez & Malca (2022), quienes diseñaron máquinas perforadoras de bajo costo orientadas a zonas rurales con dificultades de acceso al agua, señalando la necesidad urgente de soluciones tecnológicas accesibles para la extracción de este recurso. La diversificación de cultivos y el uso de técnicas tradicionales combinadas con métodos modernos refuerzan el contexto señalado por Kukreja (2023), quien destacó la importancia de equipos portátiles y eficientes para apoyar tanto a pequeños agricultores como a agroindustrias en regiones con condiciones limitantes.

Respecto a la selección de parámetros técnicos del equipo, como el uso de motor de combustión interna, velocidades de perforación entre 200 y 250 rpm y brocas de acero 4340, los resultados se alinean estrechamente con los estudios de Kukreja (2023) y Regalado (2024). Kukreja empleó un motor de 52 cc para una máquina portátil que facilita la perforación agrícola, mientras que Regalado diseñó una perforadora rotativa capaz de alcanzar profundidades de hasta 70 m en suelos con resistencia de 50 MPa, utilizando materiales de alta resistencia y validando su viabilidad mediante análisis por elementos finitos. Ambos antecedentes respaldan la adecuación del diseño desarrollado en Cerro La Vieja, que logra adaptarse eficazmente a tareas agrícolas e instalación de sistemas de riego en suelos de baja capacidad portante.

En relación con la configuración electromecánica y estructural, el uso de un motor Otto de 9,00 HP, engranajes cónicos, transmisión mediante cardán y el empleo de aceros como el A36, 1045 estirado en frío y 4340 normalizado, se encuentra en consonancia con investigaciones como las de Aliaga (2022) y Fernandez (2020). Aliaga, al diseñar una cosechadora de ajo, destacó el uso de motores estacionarios y materiales económicos pero durables, logrando reducir el esfuerzo físico del agricultor. Por su parte, Fernandez diseñó una

perforadora electrohidráulica que integró elementos estructurales robustos y eficientes adaptados a espacios reducidos, utilizando CAD/CAE para validar esfuerzos y seguridad estructural, lo que también se aplica en el presente estudio mediante factores de seguridad superiores a 2,50. Estos paralelismos confirman la solidez técnica y funcional de la propuesta actual.

Finalmente, el análisis económico reveló una inversión inicial de S/.9,398.73 el cual incluye los interés producidos por el financiamiento de la deuda ante la entidad bancaria, arrojando una alta rentabilidad, un VAN de S/.71,974.21 y una TIR de 117,20% además de un retorno de la inversión en 0.85 años, tiempo que está sujeto a la cantidad de hectáreas cultivadas por año, ya que de cultivarse más hectáreas por año las rentabilidad aumenta de manera significativa y en consecuencia se reduce el tiempo de retorno de la inversión. Estos resultados muestran similitudes con los estudios de Panda et al. (2022) y Rodríguez & Malca (2022). Panda y colaboradores desarrollaron una máquina agrícola multipropósito que, al igual que el presente caso, redujo la necesidad de mano de obra y los tiempos de operación, siendo viable para su producción en masa. De igual manera, Rodríguez & Malca concluyeron que su diseño de perforadora permitía mejorar el acceso al agua con una inversión significativamente menor que el alquiler de maquinaria convencional, destacando indicadores económicos favorables como el retorno de inversión. Por tanto, la viabilidad financiera del presente proyecto no solo es técnica, sino también sostenida por evidencia económica clara y replicable.

CAPÍTULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La actividad agrícola en Cerro La Vieja se desarrolla en un clima árido con escasa disponibilidad hídrica, dependiendo principalmente de agua subterránea para el riego. Aunque solo una parte de las tierras está irrigada, destaca la diversificación de cultivos como maíz, mango, palta, plátano, papaya y menestras, impulsada por agroindustrias y pequeños agricultores que combinan técnicas tradicionales y modernas.
- Se determinaron como parámetros el uso de un motor de combustión interna por su portabilidad y autonomía, una velocidad de las barrenas entre 200 y 250 rpm, una capacidad portante del suelo de 0,91 kg/cm², brocas de acero 4340 por su alta resistencia con un juego de cuatro con diámetros de 10 a 25 cm para una profundidad máxima de 0,50 m, adaptándose así a diversas tareas agrícolas donde se requiera un ahoyado en terrenos como los de Cerro La Vieja.
- Respecto al equipamiento electromecánico y estructural, se seleccionó un motor Otto de 9,00 HP, con engranajes de dientes rectos y engranajes cónicos rectos para el eje de salida de las brocas, con un eje con cardan para poder transmitir la rotación desde el motor hasta el sistema de transmisión y así poder efectuar el ahoyado sin problemas, además se consideró al acero A36. 1045 estirado en frío, 4340 normalizado, donde el análisis con el software CAD/CAE permitió determinar que los esfuerzos se encuentran por debajo del límite elástico y los factores de seguridad son adecuados superiores a 2,50.
- El análisis económico determinó un costo de inversión de S/.8,789.34 el cual asciende a un total de S/.9,398.73 producto del financiamiento de la deuda ante la entidad bancaria, incluyendo materiales, mano de obra, transporte y pruebas, se concluye que la propuesta es altamente rentable, con una utilidad neta actualizada de S/.81,372.94, VAN de S/.71.974.21, TIR de 117,20% y un Payback de 0,85 años, es necesario aclarar que estos datos son el resultado de cultivar 7 hectáreas por año ya que de cultivarse una mayor cantidad de

hectáreas la rentabilidad aumenta significativamente y reduce el tiempo de retorno de la inversión , en base a los resultados obtenidos es posible indicar que la implementación de esta máquina perforadora permitirá mejorar la actividad agrícola, reducirá significativamente los tiempos de ahoyado del terreno para la instalación de los cultivos lo que se traduce en un ahorro significativo para los agricultores de la comunidad del CC.PP cerro la vieja, reduciendo de esta manera la fatiga y mejorando de esta manera la calidad de vida de los agricultores.

6.2. Recomendaciones

- Es importante profundizar en estudios agroclimáticos y de gestión del recurso hídrico en zonas áridas como Cerro La Vieja, para optimizar el uso del agua subterránea mediante tecnologías de captación, almacenamiento y distribución, así como identificar cultivos más eficientes en consumo hídrico que se adapten a estas condiciones, promoviendo un desarrollo agrícola más sostenible y rentable.
- Se sugiere evaluar el comportamiento de la máquina en diferentes tipos de suelos y condiciones de humedad, con el fin de validar y ajustar los parámetros técnicos como la velocidad de rotación, profundidad y tipo de broca, asegurando su versatilidad y eficiencia en otras regiones agrícolas con características distintas a las de Cerro La Vieja.
- Sería recomendable realizar pruebas de campo prolongadas para verificar la resistencia de los componentes mecánicos y estructurales bajo condiciones reales de uso, así como explorar alternativas de materiales más ligeros o económicos que mantengan los factores de seguridad adecuados sin comprometer el rendimiento ni la durabilidad de la máquina.
- Se debe considerar una evaluación económica a largo plazo que incluya posibles variaciones en los precios del combustible, el mantenimiento y la mano de obra, además de analizar escenarios de escalabilidad del equipo para asociaciones de agricultores, lo que podría reducir costos unitarios y aumentar la rentabilidad colectiva del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Arequipa. (10 de octubre de 2025). *PRODUCTO - Perfiles de acero*. Obtenido de Aceros Arequipa: <https://acerosarequipa.com/bo/es/productos/422/perfil-c>
- Aliaga Gonzales, J. P. (2022). *Diseño y prototipado de una máquina cosechadora de ajos autopropulsada de una hilera para la variedad Chino en el Valle del Mantaro*. Repositorio Institucional de la Universidad Continental.
- Arkiplus. (15 de marzo de 2024). *Cargas estáticas y dinámicas*. Obtenido de <https://www.arkiplus.com/cargas-estaticas-y-dinamicas>
- Autoridad Nacional del Agua. (2011). *Monitoreo y evaluación del acuífero del valle Motupe: Informe final*. Ministerio de Agricultura - Autoridad Nacional del Agua - Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos.
- Autoridad Nacional del Servicio Civil. (10 de octubre de 2025). *La ergonomía y la Seguridad y Salud en el Trabajo*. Obtenido de Gobierno del Perú: <https://www.gob.pe/90349-autoridad-nacional-del-servicio-civil-la-ergonomia-y-la-seguridad-y-salud-en-el-trabajo>
- AWS. (2020). *Welding handbook*. En A. W. Society.
- BBVA. (20 de enero de 2025). *¿Qué es la sostenibilidad? Un camino urgente y sin marcha atrás*. Obtenido de BBVA: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-sostenibilidad-un-camino-urgente-y-sin-marcha-atras/>
- Belloso-Araujo, L., Fernández-Fernández, N., & Álvarez-Machado, D. (2021). Rentabilidad en las empresas de construcción y montaje. *IPSA Scientia, Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(1), 81-99. doi:10.25214/27114406.1055
- Betancourt, D. F. (24 de noviembre de 2018). *Cómo hacer una matriz de priorización*. Obtenido de Ingenio Empresa: <https://www.ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion/>
- Blanco, I. (29 de noviembre de 2023). *Entendiendo la biomecánica y su impacto en la ergonomía laboral*. Obtenido de uplift: https://uplift.cl/blogs/noticias/que-es-la-biomecanica-y-su-relacion-con-ergonomia?srsIid=AfmBOopZxbIh_78MGZvRMB9w9FGgZMPDhm25V7_tc7whFKIC7UbxJ_tj
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2018). *Shigley: Diseño de elementos de máquina*. Mc Graw Hill Education.
- Cabanillas Aranda, J. P., & Paima Rojas, M. A. (2023). *Diseño de una máquina perforadora básica para excavación de pozos tubulares de agua en el distrito de Kañaris*. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.
- Castillo-Quero, M., & Guerrero-Baena, M. D. (2019). Caracterización estructural, productiva y financiera de las explotaciones de jóvenes agricultores. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 115(1), 62-82. doi:10.12706/itea.2019.004

- Castro Pincay, C. V., & Barrezueta Unda, S. (2020). Aspectos sociales y económicos: caso productores de café en la provincia El Oro. *Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(1), 71-75. doi:10.62452/htnf4b56
- Caterpillar. (2013). *Marine Engine Selection Guide*. Caterpillar.
- Core Tech. (29 de mayo de 2025). *HC5000S*. Obtenido de Core Tech: <https://www.coretech.com.pe/productos/hc5000s/detalle>
- Diario EP. (24 de junio de 2019). *Jornaleros del campo ganan entre S/ 60 y 85*. Obtenido de Agricultura: <https://diarioep.pe/jornaleros-del-campo-ganan-entre-s-60-y-85/>
- Direct Industry. (10 de octubre de 2025). *Engranaje helicoidal*. Obtenido de Direct Industry: <https://www.directindustry.es/prod/arrow-gear-company/product-56967-378132.html>
- Duarte, T., Jimenez Arias, R. E., & Ruiz Tibaná, M. (2007). Análisis económico de proyectos de inversión. *Scientia Et Technica*, XIII(35), 333-338.
- Economipedia. (29 de mayo de 2025). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Editorial Etecé. (13 de junio de 2022). *Concepto*. Obtenido de Sector agrícola: <https://concepto.de/sector-agricola/>
- Extremadura Empresarial. (13 de julio de 2023). *La recuperación de la inversión: Payback*. Obtenido de https://www.extremaduraempresarial.es/blog_escuela/la-recuperacion-de-la-inversion-payback/
- FAO. (2023). Promoting the development of family farming in Peru. *FAO Agricultural Development Economics Policy Brief*, 61, 1-2. doi:10.4060/cc4857en
- Farhat, I. S. (7 de 2016). METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL COSTO PROMEDIO. *LATINDEX*, 33-45.
- Fernandez Agüero, A. A. (2020). *Diseño y construcción de perforadora electrohidráulica mediana para mejorar la productividad de perforación en la mina Uchucchacua*. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.
- Fernández de la Cigoña, J. R. (31 de marzo de 2025). *Tasa interna de retorno (TIR): ¿Qué es y cómo calcularla fácilmente?* Obtenido de Sage: <https://www.sage.com/es-es/blog/tasa-interna-de-retorno-tir-que-es-y-como-se-calcula/>
- FERNANDO, S. D. (30 de 8 de 2013). Diseño y construcción de una Hoyadora con motor a combustión interna para el sembrado de árboles en suelo arenoso del sector de Saquisilí, provincia de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/938>
- Fontalvo Herrera, T., De la Hoz Granadillo, E., & Morelos Gómez, J. (2018). La productividad y sus factores: Incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión Empresarial*, 16(1), 47-60.
- García, E. (17 de junio de 2025). *Herramienta multifunción: que es y cuales son sus ventajas*. Obtenido de Todo para la Industria: <https://todoparalaindustria.com/blogs/blog/herramienta-multifuncion-que-es?srsId=AfmBOooD9SFzgl3Myh-TuokW45csJvzRvdkb3xr1ugkv7ORjEfBT5Qu->

- Google Maps. (5 de julio de 2025). *Ubicación del centro poblado Cerro La Vieja*. Obtenido de https://www.google.com/maps/@-6.2126339,-79.70049,947m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDYzMC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- GRA-LAMBAYEQUE. (s.f.). <https://www.regionlambayeque.gob.pe/>. Obtenido de <https://siga.regionlambayeque.gob.pe/docs/imgfckeditor566/12092025163024544380229.pdf>
- GRSA. (s.f.). <https://agrolalibertad.gob.pe/>. Obtenido de <https://agrolalibertad.gob.pe/costos-de-produccion-agricola/>
- Guzman, D. (2019). Grandes narrativas, pequeños agricultores:: Explorando desbordes académicos en el caso de los excedentes de agua en el valle de Motupe, Perú. En *Estudios Atacameños n°63* (págs. 365-381). doi:<https://doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2019-0029>
- Hibbeler, R. C. (2006). *Mecánica de Materiales*. México: Pearson Educación.
- Hibbeler, R. C. (2016). *Ingeniería Mecánica Estática*. Pearson.
- Hidalgo-Pozzi, R. H., Alamo-Larrañaga, K., Rojas-Vela, J., Ruiz-Correa, S., Gonzáles-Alegría, L., & Reátegui-Reátegui, M. L. (2024). Optimización de procesos en la estructura organizacional de los modelos de negocio. Revisión sistemática. *Revista Bibliotecas. Anales de Investigación, 20*(2), 1-12.
- Honda. (10 de octubre de 2025). *GX270*. Obtenido de Honda: <https://pf.honda.com.pe/producto/gx270-9hp/>
- ImportadorPeru. (10 de octubre de 2025). *kohleman kh186fae*. Obtenido de <https://www.importadorperu.com/motor/kohleman-kh186fae>
- Kukreja, N. (2023). Design and implementation of soil drilling machine using NX 12 and CATIA V5 fabrication techniques. *Materials Today: Proceedings, 81*, 1079-1083. doi:10.1016/j.matpr.2021.04.384
- KWS Manufacturing Company. (2016). *Screw conveyor engineering guide*. KWS Manufacturing Company.
- Lopez Castaño, H. A., Almeida Braga, J., & Brandão de Oliveira, M. (2020). Análisis de variables productivas y socio-empresariales de productores de aguacate hass de dos municipios del Cauca para la creación de indicadores para la toma de decisiones del sector rural. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 11*(2), 29-41. doi:10.22490/21456453.3159
- Los mecanismos. (10 de octubre de 2025). *TORNILLO SIN FIN*. Obtenido de <https://blogseym.wordpress.com/2016/11/17/tornillo-sin-fin/>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2025). *Plan Nacional de Difusión de Información Agraria Especializada (PLANDIA) 2025*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI).

- Mira Galiana, J. (19 de febrero de 2024). *Diferencias entre eficiencia, eficacia y efectividad*. Obtenido de Toyota: <https://blog.toyota-forklifts.es/eficiencia-eficacia-efectividad-en-almacen>
- Ortiz Paniagua, C. F., & Ortega Gómez, A. M. (2018). Riesgo económico-agrícola y escenarios de cambio climático (2025-2075) en una región del trópico seco mexicano. *Sociedad y ambiente*, 6(17), 115-142.
- Ossa-Jiménez, C. A., & Sánchez-Santos, J. C. (2022). Diseño de ahoyador mecánico que mejora la mezcla de suelos y fertilizantes en una sola operación. *Revista UIS Ingenierías*, 21(1), 179-200. doi:10.18273/revuin.v21n1-2022014
- Panda, A. K., Hembram, A., Ku mallick, A., Panda, S., & Mohapatra, A. (2022). Multipurpose agriculture machine: Applications and uses. *Dogo Rangsang Research Journal*, 9(1), 464-469.
- Pejerrey Dioscris, J. J. (2025). *Máquina perforadora de túneles para optimizar costo y tiempo en la construcción del trasvase de recursos hídricos en la Cordillera de los Andes*. Repositorio Institucional de la Universidad San Ignacio de Loyola.
- Peréz de Corcho Fuentes, J. S., Herrera Suárez, M., Vivas Vivas, R. J., García, G., & Valdiviezo, R. (2017). La mecanización agrícola: campo de acción de la ingeniería agronómica. *Siembra*, 4(1), 001-007. doi:10.29166/siembra.v4i1.500
- Prieto Celi, M., Rivas Lluncor, J., & Castillo Miranda, M. (2001). *Estudio hidrogeológico del valle Motupe [Informe final]*. República del Perú - Ministerio de Agricultura - Instituto Nacional de Recursos Naturales - Dirección General de agua y suelos - Administración técnica del distrito de riego Motupe-Olmos-La Leche.
- Regalado Hernandez, E. S. (2024). *Diseño de una perforadora mecánica rotativa para la perforación de pozos tubulares en la región Lambayeque*. Repositorio Institucional de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Rodríguez Palomino, P. S., & Malca Quicio, A. R. (2022). *Diseño de una máquina perforadora de bajo costo para excavación de pozos de agua en la provincia de San Marcos*. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.
- SEPESPEM. (2007). *Estudio de Mecánica de Suelos - Proyecto: Mejoramiento del servicio de transitabilidad tramo ingreso camino real Santísima Cruz hasta Panamericana Norte del distrito de Motupe, provincia y departamento de Lambayeque*. Servicios Profesionales de Estudios de Suelos, Pavimentos y Ensayos de Materiales (SEPESPEM).
- Singh, M. (19 de agosto de 2022). *Engranajes rectos: aspectos importantes que necesita saber sobre ellos*. Obtenido de Bolton: https://bepltd.com/es/blogs/news/spur-gears-important-aspects-you-need-to-know-about-them?srsId=AfmBOopFoQHtl2y1zQXxD_tO2nXPT2PYmi-IRNP7VGjzKsbIDNFodaPW
- SKF. (2019). *Rodamientos Aplicaciones móviles SKF*. Grupo SKF.
- SUNAT. (10 de 2025). *sunat.gob.pe*. Obtenido de <https://orientacion.sunat.gob.pe/03-tasa-del-impuesto>

- Tejada Estrada, G. C., Cruz Montero, J. M., Uribe Hernandez, Y. C., & Rios Herrera, J. J. (2019). Innovación tecnológica: Reflexiones teóricas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(85), 199-210.
- TMG Drilling Supplies. (2021). *CSR 155: Máquina perforadora multipropósito SPT, CPT, saca núcleos y perforación rotativa*. TMG Drilling Supplies.
- TRG. (10 de octubre de 2025). *Aleación de aluminio: definición, características, tipos, propiedades y aplicaciones*. Obtenido de TRG: <https://www.trgsl.es/es/noticias/aleacion-aluminio-tipos-propiedades>
- TRG. (10 de octubre de 2025). *Tipos y grados de acero inoxidable*. Obtenido de TRG: <https://www.trgsl.es/es/noticias/tipos-grados-acero-inoxidable>
- Trucco, I., Locher, M. V., & Delfino, A. (2018). Cambios en la estructura socioproductiva de la provincia de Santa Fe, Argentina, durante el proceso de transformación de la agricultura pampeana. *Pampa: Revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales*, 18, 55-78.
- Universidad Zaragoza. (10 de octubre de 2025). *Eficiencia de los recursos*. Obtenido de Unizar: <https://energaia.unizar.es/valores-del-instituto/eficiencia-de-los-recursos>
- Vásquez Marrufo, P., & Zapata Medina, J. L. (2015). *Estudio de los factores que influyen en la asociatividad de los productores de mango del valle Motupe - Olmos*. Repositorio Institucional de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Villanueva Moreano, D. F. (31 de octubre de 2023). *La importancia del fomento del desarrollo sostenible en el Perú*. Obtenido de IDEHPUCP: <https://idehpucp.pucp.edu.pe/boletin-eventos/la-importancia-del-fomento-del-desarrollo-sostenible-en-el-peru-28806/>
- WEG. (2022). *Selection and application guide for electric motors*. WEG Electric Corp.
- Zapata Zuñiga, M. A., Hernández Cenzano, C. G., & Kuramoto Huamán, J. R. (2023). Bases para la caracterización del sistema de innovación agrícola en Lambayeque: Un enfoque bibliométrico y comparativo. *XX Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica y de la Innovación ALTEC*, 901-913.

ANEXOS

Anexo 1 – Instrumento de recolección de datos

Ficha de revisión documentaria

Nº	Autor(es)	Título de la investigación	Lugar donde se efectuó el estudio	Objetivo general	Enfoque y diseño de investigación	Muestra empleada	Instrumentos de recolección de datos	Método de análisis aplicado	Principal(es) resultado(s)	Principal(es) conclusión(es) vinculada(s) a los objetivos
1	Aliaga Gonzales, Jean Pool (2022)	Diseño y prototipado de una máquina cosechadora de ajos autopropulsada de una hilera para la variedad chino en el Valle del Mantaro	Huancayo	Diseñar y prototipar una máquina cosechadora de ajo autopropulsada, de una hilera para la variedad chino en el Valle del Mantaro.	El método de enfoque sistémico, con un tipo de investigación tecnológica	Se empleó a la variedad chino en el Valle del Mantaro	Para la recolección de datos se empleó la técnica documental y la técnica empírica	La metodología usada para diseño de la presente investigación es una adaptación de la metodología generalizada de la VDI 2225 (Verein Deutscher Ingenieure), utilizada específicamente para el desarrollo de productos, pero esencialmente para mejorar productos o rediseñarlos considerando puntos técnicos y económicos.	El proyecto funcionará con distintos mecanismos secuenciales los cuales son: sistema de arrastre, sistema de guía, sistema de perforación, sistema de arrancado y sistema de traslado, teniendo como fuente de energía un motor estacionario de 5.5 HP	Se logra cosechar una cantidad promedio de 1894 ajos/h equivalente a una producción de 200 Kg/h, siendo una producción variable de acuerdo a la velocidad de operación de la máquina, que puede variar de acuerdo al ritmo de movimiento del agricultor, comprendido entre 3 K/h a 6 K/h.
2	Belloso-Araujo et al. (2021)	Rentabilidad en las empresas de construcción y montaje	San Francisco, estado Zulia, Venezuela	El propósito central fue analizar la rentabilidad en las empresas de construcción y montaje, considerando tanto la dimensión económica como la financiera, con el fin de identificar su contribución a la sostenibilidad, crecimiento y participación en el mercado	Se adoptó un paradigma positivista con enfoque cuantitativo, tipología analítica y diseño de fuente viva, de carácter transeccional y univariable, recolectando los datos directamente en el entorno natural de las empresas	La población estuvo compuesta por las tres empresas del sector en el municipio San Francisco, y la muestra — mediante censo poblacional— incluyó a ocho (8) gerentes responsables de la gestión financiera	Se utilizó una entrevista no estructurada como técnica inicial y un cuestionario estructurado tipo Likert de 15 ítems con cinco opciones de respuesta, validado por cinco expertos y con un coeficiente Alfa de Cronbach de 0,81, lo que evidenció alta confiabilidad	Se aplicó estadística descriptiva con datos no agrupados y análisis univariante, empleando medidas como media armónica, coeficiente de asimetría de Fisher y coeficiente de curtosis, bajo nivel de medición de razón	En rentabilidad económica, el margen de utilidad bruta presentó una media armónica de 1,455 y la rentabilidad sobre activos de 1,116; en rentabilidad financiera, el margen de utilidad neta alcanzó 2,667, el índice Dupont 1,263 y el rendimiento sobre capital 2,526. La rentabilidad financiera mostró mayor participación que la económica, siendo clave para la sostenibilidad y competitividad	Se concluyó que las empresas planifican, ejecutan y evalúan acciones para maximizar la rentabilidad, priorizando los márgenes de utilidad y el rendimiento sobre el capital invertido. Una rentabilidad financiera insuficiente limita el acceso a nuevos fondos propios, lo que obliga a recurrir al apalancamiento financiero. Se recomienda incorporar indicadores no tradicionales, como el índice Dupont y el punto de equilibrio financiero, para optimizar el flujo de caja y ampliar la participación en mercados emergentes
3	Cabanillas Aranda, Jhan Pholl & Paima Rojas, Miguel Angel	Diseño de una máquina perforadora básica para excavación de pozos tubulares de agua en el distrito de Kañaris	Chiclayo	Diseñar conceptualmente una máquina perforadora básica y de bajo costo que permita acceder a agua subterránea en el distrito de Kañaris, optimizando el suministro hídrico para la población y actividades agrícolas.	El estudio tuvo un enfoque aplicado, con diseño no experimental y de corte transversal, orientado a resolver un problema técnico real mediante el desarrollo de un prototipo conceptual	La muestra coincidió con la población, compuesta por los parámetros de funcionamiento de la máquina perforadora, seleccionados mediante muestreo no probabilístico	Se emplearon fichas de revisión bibliográfica para analizar investigaciones, artículos y manuales técnicos, así como fichas de observación para registrar parámetros de funcionamiento de mecanismos de perforadoras	Se utilizó estadística descriptiva con análisis cuantitativo para medir y evaluar los cambios y parámetros técnicos obtenidos, incluyendo cálculos de fuerza de empuje, potencia y velocidad de rotación según tipo de roca	Se definieron parámetros de diseño como diámetros de perforación de 4½ y 6 pulgadas, fuerza de empuje mínima entre 2,308 y 15,390 kg según dureza de roca, potencia requerida de 9,06 kW y peso total de la estructura de 1.072,49 kg. El costo estimado de fabricación fue de S/ 9.269,50, con una vida útil económica de 10 años, obteniendo un VAN de S/ 20.575 y una TIR de 87 %, lo que demuestra alta rentabilidad y viabilidad técnica	El diseño propuesto cumple con los requerimientos técnicos para perforar pozos de agua de calidad en Kañaris, es económicamente viable con TIR superior al 70 % y presenta factibilidad ambiental, social y normativa, constituyéndose en una solución sostenible para el acceso al recurso hídrico en zonas rurales
4	Castillo-Quero, M % Guerrero-Baena, M.D.	Caracterización estructural, productiva y financiera de las explotaciones de jóvenes agricultores	Andalucía, España	Analizar las características estructurales, productivas y económico-financieras de las explotaciones agrarias andaluzas para contrastar diferencias según la edad de sus titulares, identificando factores asociados a la presencia de jóvenes agricultores	Se empleó un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y comparativo, complementado con análisis explicativo mediante técnicas estadísticas multivariantes	La muestra estuvo compuesta por 1.500 explotaciones agrarias de Andalucía, clasificadas en tres grupos: jóvenes (≤40 años), mediana edad (41-64 años) y mayores (≥65 años)	Se utilizaron microdatos de la encuesta RECAN, que recoge información estructural, productiva, financiera, de subvenciones, consumos intermedios y mano de obra, obtenidos mediante muestreo por cuotas estratificado	Se aplicaron contrastes de hipótesis (test de Jonckheere-Terpstra y Chi-cuadrado), análisis de componentes principales (ACP) para sintetizar variables y regresión lineal para identificar factores asociados a la edad del titular	Los jóvenes agricultores presentaron mayor formación agrícola superior (8,8%), explotaciones de 62,6 ha en promedio, mayor productividad vegetal (20.325 €/ha) y animal (1.501,8 €/UG), rentabilidad económica (20,9%) y del capital propio (20,6%), menor dependencia de subvenciones corrientes (26,3% de ingresos) y mayor participación en horticultura, frutas, leche y ovino-caprino, así como en programas medioambientales	Las explotaciones gestionadas por jóvenes muestran un desempeño económico y productivo superior, menor dependencia de ayudas de la PAC y mayor orientación hacia cultivos y producciones de alto valor añadido, lo que respalda la importancia de fomentar su incorporación para garantizar la sostenibilidad y competitividad del sector agrario andaluz

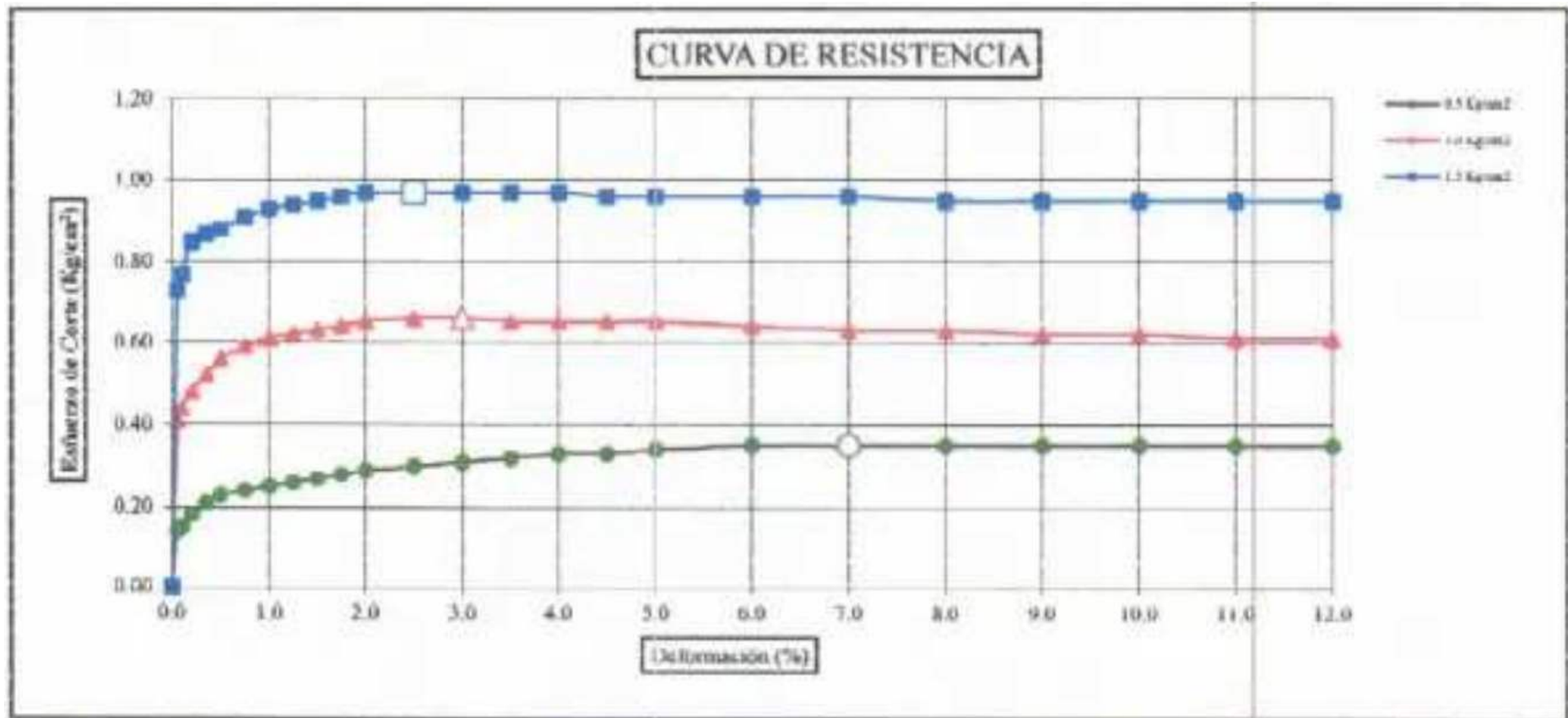
5	Castro Pincay, Carlos Vicente & Barreuzeta Unda, Salomón	Aspectos sociales y económicos: caso productores de café en la provincia El Oro	El estudio se llevó a cabo en el cantón Zaruma, ubicado en la parte alta de la provincia de El Oro, Ecuador	Caracterizar los aspectos sociales y económicos de los productores de café del cantón Zaruma, provincia de El Oro	Se utilizó un enfoque descriptivo con diseño transversal, orientado al análisis de variables categóricas y cuantitativas.	La población estuvo conformada por los 42 productores de café registrados en el cantón, tomándose la totalidad como muestra.	Se aplicó un cuestionario estructurado en tres ítems que abarcaban variables demográficas y de ubicación, datos económicos (producción, costos e ingresos) y aspectos sociales (nivel educativo, servicios básicos, seguridad social y equidad de género)	Los datos fueron tabulados en Microsoft Excel 2016 y posteriormente analizados mediante estadística descriptiva con el software SPSS versión 24	El 90 % de los cafetales correspondían a la variedad arábica y el 53,33 % de los productores poseían entre 1 y 5 ha; el 37 % cosechaba más de 1 200 kg/año, el 27 % entre 800 y 1 100 kg, el 23 % entre 400 y 700 kg y el 13 % entre 100 y 300 kg. Todos los productores estaban asociados, vendían al centro de acopio local y recibían un precio fijo de 230 USD por quintal. El 50 % tenía costos de producción entre 501 y 1 000 USD/año y el 47 % ingresos superiores a 1 500 USD/ha/año	La caficultura en Zaruma se basa mayoritariamente en la variedad arábica cultivada en pequeñas fincas, con ingresos promedio de 1 500 USD/ha/año. La organización en asociaciones y la venta directa al centro de acopio representan ventajas competitivas y de estabilidad económica para los productores
6	FAO. (2023)	Promoting the development of family farming in Peru	El estudio se desarrolló en Perú, con un análisis específico de las zonas rurales y micro-regiones agrícolas, destacando la Sierra como área prioritaria por su alta concentración de agricultura familiar	El propósito central fue caracterizar la agricultura familiar peruana y proponer lineamientos de inversión y políticas que mejoren su productividad, sostenibilidad y contribución a la reducción de la pobreza, considerando su heterogeneidad y brechas de acceso a recursos	Se aplicó un enfoque cuantitativo de análisis descriptivo y comparativo, basado en la explotación de bases de datos nacionales representativas, con segmentación tipológica de unidades productivas según ingresos y niveles de pobreza	La investigación abarcó prácticamente la totalidad de las unidades agropecuarias familiares del país (99,8 % de las explotaciones agrícolas), clasificadas en tres tipos: de subsistencia, en transición y consolidadas, con especial atención a las que operan en micro-regiones de alta y media prioridad	Se utilizaron como fuentes principales la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) y la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG), ambas de cobertura nacional y representatividad estadística	Se aplicó un análisis estadístico de distribución, clasificación y comparación de indicadores socioeconómicos y productivos, incorporando variables como tamaño de parcela, ingresos netos, acceso a recursos y participación laboral por género	Se evidenció que dos tercios de la agricultura familiar son de subsistencia, con ingresos insuficientes para cubrir la canasta básica; más del 50 % de las explotaciones poseen ≤ 2 ha pero solo concentran el 6 % de la tierra, mientras que el 10 % con ≥ 20 ha controla el 65 % de la superficie; el 70 % de la tierra operada es declarada como propia, pero solo el 23 % tiene título formal; y las mujeres realizan la mayor parte del trabajo familiar no remunerado, con menor acceso a insumos y servicios de extensión	Se concluye que invertir en la Sierra tendría el mayor impacto en productividad y reducción de pobreza; es prioritario mejorar la titulación de tierras, fomentar asociaciones de productores, modernizar sistemas de riego y cerrar brechas de acceso a servicios técnicos, incorporando de forma transversal la perspectiva de género para fortalecer la resiliencia y sostenibilidad de la agricultura familiar
7	Fernandez Agüero, Alex Alfredo (2020)	Diseño y construcción de perforadora electrohidráulica mediana para mejorar la productividad de perforación en la mina Uchucchacua	El estudio se llevó a cabo en la Unidad Minera Uchucchacua, ubicada en el distrito y provincia de Oyón, región Lima, Perú	Diseñar y construir una perforadora electrohidráulica mediana para mejorar la productividad de perforación en vetas angostas de la mina Uchucchacua	La investigación fue de tipo aplicada o tecnológica, con un diseño no experimental y de proyección, sin manipulación de variables, orientada a resolver un problema productivo específico en minería subterránea	Estuvo conformada por 7 equipos de perforación de taladros largos en operación dentro de la mina, seleccionados mediante muestreo probabilístico aleatorio por conveniencia	Se emplearon fichas de registro, guías de observación, análisis documental, observación no experimental y experimental, así como simulaciones en el software CAD/CAE SolidWorks; la validez de los instrumentos fue verificada por juicio de tres expertos	Se utilizaron métodos deductivo y analítico, con procesamiento de datos en Microsoft Excel para obtener promedios, tendencias y comparaciones, además de simulaciones estructurales y de fatiga en SolidWorks, aplicando la metodología VDI 2225 para la selección de componentes	El equipo diseñado, con dimensiones para secciones de 2.5 x 2.5 m, logró incrementar la producción mensual a 20,435.97 toneladas (52.84% más que equipos grandes), mejorar la recuperación del mineral del 50% al 80%, reducir riesgos operativos y generar un ahorro mensual estimado de USD 795,229.98; la inversión inicial fue de USD 300,000, con un VAN de USD 792,296.54, TIR de 126.16% y ROI de 264.10%, recuperándose en dos años	La reducción de dimensiones del equipo de perforación optimiza costos y calidad del mineral, manteniendo o mejorando la productividad; el diseño electrohidráulico con motor diésel y componentes seleccionados bajo criterios técnicos y simulaciones estructurales demostró ser técnica y económicamente viable, incrementando la eficiencia operativa y reduciendo impactos ambientales y riesgos laborales
8	Nitin Kukreja (2023)	Design and implementation of soil drilling machine using NX 12 and CATIA V5 fabrication techniques	El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la GLA University, ubicada en Mathura, Uttar Pradesh, India	El propósito central fue diseñar y fabricar una máquina perforadora de suelo que fuera portátil, de bajo costo y fácil de transportar, sustituyendo el motor diésel por uno a gasolina para reducir peso y precio, manteniendo eficiencia en la apertura de hoyos para plantación	Se empleó un enfoque aplicado y de desarrollo tecnológico, con un diseño de tipo experimental-prototípico, que incluyó la concepción, modelado y ensamblaje de componentes mediante software CAD (NX 12 y CATIA V5 R19), seguido de la fabricación con técnicas mecánicas	La muestra consistió en un prototipo funcional de máquina perforadora de suelo equipada con un motor a gasolina de 52 cc, broca helicoidal de 50 cm de diámetro y 50 cm de altura, montada sobre un bastidor de acero con ruedas para facilitar su transporte	Se utilizaron observaciones directas y mediciones técnicas del rendimiento del prototipo, evaluando parámetros como velocidad de perforación, facilidad de transporte y esfuerzo humano requerido, además de especificaciones técnicas de cada componente	El análisis se basó en la comparación del desempeño del prototipo frente a máquinas existentes, evaluando eficiencia, tiempo de operación, costo y portabilidad, así como la verificación del cumplimiento de los objetivos de diseño	El prototipo logró reducir significativamente el tiempo de perforación y el esfuerzo humano, permitiendo que una sola persona lo operara y transportara. Alcanzó velocidades de rotación del motor entre 3500 y 4000 RPM, con capacidad para perforar hasta 40 cm de profundidad y 15 cm de ancho, manteniendo bajo costo y facilidad de uso	Se concluyó que la máquina desarrollada es más eficiente que modelos previos de su categoría, adaptable a distintos tipos de suelo, de operación sencilla incluso para personal no especializado, y representa una mejora tecnológica al eliminar limitaciones de peso, costo y mantenimiento presentes en equipos anteriores

9	Lopez Castaño, H. A., Almeida Braga, J., & Brandão de Oliveira, M. (2020)	Análisis de variables productivas y socio-empresariales de productores de aguacate hass de dos municipios del Cauca para la creación de indicadores para la toma de decisiones del sector rural	El estudio se desarrolló en los municipios de Popayán y El Tambo, en el departamento del Cauca, Colombia	Analizar la información recolectada en fincas mediante el Registro de Usuarios de Asistencia Técnica (RUAT) para caracterizar a los productores, aplicar técnicas estadísticas que optimicen dicho instrumento y determinar las variables más relevantes para la construcción de indicadores que apoyen la toma de decisiones en el sector rural	Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental y de tipo descriptivo-analítico, basado en la aplicación de técnicas de análisis multivariado para clasificación y reducción de variables	La investigación trabajó con datos de 33 productores de Popayán (levantados en 2017) y 68 productores de El Tambo (levantados en 2018), para un total de 101 productores de aguacate Hass	Se utilizó el instrumento RUAT, diligenciado por las UMATAS y estudiantes de ingeniería agrónoma, que recoge variables económicas, productivas, sociodemográficas y de certificación en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)	Se aplicó análisis de componentes principales (ACP) y análisis factorial múltiple (AFM) con el software R Studio, siguiendo la metodología de Nardo et al. (2005) para selección y ponderación de variables, eliminando progresivamente las menos significativas hasta obtener la mayor carga factorial	De las 18 variables iniciales, se identificó que solo 8 (principalmente de producción y BPA) permiten una caracterización precisa de los productores, reduciendo más del 50% de la información sin perder calidad; se evidenció que las certificaciones BPA y las buenas prácticas agrícolas se asocian con mejores precios y productividad, y que existen grupos diferenciados de productores según área cultivada, rendimiento, ingresos y destino de venta	La reducción de variables mejora la eficiencia del diagnóstico y facilita la creación de indicadores de desempeño más precisos para el sector; se resalta la necesidad de fortalecer la captura y uso de datos en la asistencia técnica rural, así como implementar sistemas de información que integren a productores y técnicos para optimizar la toma de decisiones y la sostenibilidad productiva
10	Ortiz Paniagua, C. F., & Ortega Gómez, A. M. (2018)	Riesgo económico-agrícola y escenarios de cambio climático (2025-2075) en una región del trópico seco mexicano	La investigación se desarrolló en la región Tierra Caliente de Michoacán, México, ubicada en el trópico seco y conformada por siete municipios (Carácuaro, Huetamo, Madero, Nocupétaro, San Lucas, Tacámbaro y Turicato)	Diseñar una metodología para cuantificar el riesgo económico-agrícola regional ante los efectos del cambio climático, tomando como base el escenario A1B regionalizado del IPCC.	Estudio cuantitativo de carácter descriptivo y analítico, con enfoque regional y uso de modelación climática prospectiva, integrando variables socioeconómicas y meteorológicas para estimar riesgo como producto de vulnerabilidad y amenaza	Se analizaron datos de 20 estaciones climatológicas, de las cuales 9 cumplieron criterios de calidad (≥ 30 años de datos, $\geq 95\%$ de registros completos y verificación de outliers), ubicadas en municipios como Madero, Tacámbaro, Huetamo y Turicato	Se emplearon registros históricos de temperatura y precipitación del sistema CLICOM, datos agrícolas y económicos del INEGI (2007, 2015) y 21 indicadores para construir el Índice de Vulnerabilidad Económico-Agrícola (IVEA)	Se calibró y aplicó el modelo estocástico LARS-WG para proyectar temperaturas y precipitaciones en los horizontes 2025, 2050 y 2075; se homogeneizaron series de precipitación con RHtestV4; y se calcularon índices de vulnerabilidad y riesgo (IREACC) mediante normalización y ponderación de variables	Se proyecta un aumento de la temperatura máxima entre 0.4 °C y 3.2 °C y de la mínima entre 0.4 °C y 3.1 °C, junto con una reducción de precipitación de 10% a 20% hacia 2075. Los municipios con mayor riesgo económico-agrícola son Madero (IREACC promedio 2.7), Nocupétaro (2.3) y Tacámbaro (2.0), debido a alta vulnerabilidad y dependencia económica de la agricultura	Se confirmó la presencia de la señal del cambio climático en la región (aumento de temperatura y disminución de precipitación), validando la hipótesis y cumpliendo el objetivo metodológico. Se recomienda fortalecer capacidades adaptativas, diversificar la economía y mejorar infraestructura y capacitación para reducir la vulnerabilidad agrícola y el impacto económico regional
11	Ossa-Jiménez, C. A., & Sánchez-Santos, J. C. (2022)	Diseño de ahoyador mecánico que mejora la mezcla de suelos y fertilizantes en una sola operación	El estudio se desarrolló en San José del Guaviare, Colombia, dentro de la región de la Orinoquía, un territorio con alto potencial agroforestal y priorizado en planes de desarrollo productivo tras el acuerdo de paz de 2017	Diseñar y construir un implemento agrícola acoplable a tractor que permita excavar hoyos de profundidad variable y, en una sola operación, mezclar homogéneamente el suelo con enmiendas y fertilizantes, mejorar porosidad y densidad aparente, favorecer la penetración radicular, uniformar el establecimiento de la plantación y reducir costos y tiempos de siembra	Se trató de una investigación aplicada, de carácter cuantitativo, cuasi experimental, con enfoque hipotético-deductivo y diseño transversal, enmarcada en innovación y desarrollo tecnológico en ingeniería agrícola y diseño industrial.	Se trabajó con prototipos de ahoyadores a escala 1:5 y 1:1, evaluados en laboratorio y en campo sobre distintos tipos de suelo, incluyendo arena seca, arena ligeramente húmeda y suelos arcillo-arenosos, con beneficiarios potenciales como asociaciones de productores de cacao, caucho y especies forestales	Se emplearon software CAD-CAE para modelado y validación, análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD), impresión 3D, corte láser CNC, pruebas físicas con taladro inalambrico para simular RPM de tractor, cilindros de vidrio para observación de mezcla, y ensayos de dispersión de colorante en sustrato	Se aplicaron comparaciones de desempeño entre diseños mediante simulaciones CFD y pruebas físicas, midiendo porcentaje de dispersión del colorante (meta $\geq 70\%$), tiempos de mezcla (15-90 s) y comportamiento en distintos niveles de humedad, además de análisis funcional y técnico de componentes	El modelo n.º9, tras rediseño, alcanzó una dispersión homogénea del fertilizante del 80 %, superando el requisito de diseño, con menor adhesión de sustrato en condiciones húmedas y mejor penetración; se definieron especificaciones técnicas como profundidad de trabajo de 0,4-0,8 m, diámetro de 0,3 m y tolva de 100 kg de capacidad	No existen antecedentes de equipos que integren ahoyado y mezcla de fertilizantes en una sola operación para siembra de perennes, lo que representa una oportunidad de innovación; el diseño propuesto mejora la porosidad y dureza del suelo, optimiza la mezcla y favorece el desarrollo radicular, pudiendo replicarse la metodología en otros desarrollos de maquinaria agrícola
12	Panda, A. K., Hembram, A., Ku mallick, A., Panda, S., & Mohapatra, A. (2022)	Multipurpose agriculture machine: Applications and uses	El estudio se llevó a cabo en la India, específicamente en el Departamento de Ingeniería Mecánica del Gandhi Institute for Technology (GIFT), en Bhubaneswar	El propósito central fue diseñar y fabricar una máquina agrícola multipropósito, de bajo costo y fácil uso, capaz de realizar cuatro operaciones básicas — perforado del suelo, siembra, cultivo y fumigación— para pequeños agricultores, reduciendo costos, tiempo y esfuerzo físico	Se adoptó un enfoque aplicado y de desarrollo tecnológico, con un diseño de tipo experimental-prototipo, orientado a la creación, construcción y prueba de un equipo funcional	Consistió en el propio prototipo de máquina, evaluado en condiciones de uso para pequeñas parcelas agrícolas, considerando las necesidades típicas de agricultores con terrenos de aproximadamente dos acres	Se emplearon observaciones directas de funcionamiento, mediciones de desempeño mecánico (velocidad, capacidad de perforado, cobertura de fumigación) y pruebas de campo para verificar la eficacia de cada módulo de la máquina	El análisis se basó en la comparación cualitativa y cuantitativa del rendimiento del prototipo frente a métodos tradicionales, evaluando tiempo de operación, mano de obra requerida y costos estimados de producción	El prototipo, equipado con un motor de 24 cc para perforado y un sistema de fumigación con bomba de 12 V, logró realizar las cuatro operaciones agrícolas en menor tiempo y con menos esfuerzo que las técnicas manuales. Se observó que, al fabricarse en serie, su costo podría reducirse significativamente, haciéndolo accesible para agricultores de bajos recursos	La máquina satisface las necesidades de pequeños agricultores al disminuir la dependencia de mano de obra y reducir tiempos de trabajo, constituyendo una alternativa viable y económica frente a equipos agrícolas costosos, y contribuyendo a mitigar problemas de productividad y escasez de personal en el campo
13	Pejerrey Dioscris, J. J. (2025)	Máquina perforadora de túneles para optimizar costo y tiempo en la construcción del trasvase de recursos hídricos en la Cordillera de los Andes	Lima - Perú	El objetivo general de esta investigación es determinar el mejor método de construcción del túnel de derivación Lluclla Siguas, comparando el uso de la tuneladora TBM (Tunnel Boring Machine) con el método convencional basado en perforación y voladura	Se trató de un estudio con enfoque cuantitativo y diseño de investigación aplicada	Consistió en el propio prototipo de máquina perforadora de túneles para optimizar costo y tiempo	Se emplearon fichas de revisión bibliográfica para analizar investigaciones, artículos y manuales técnicos, así como fichas de observación para registrar parámetros de funcionamiento de mecanismos de perforadoras	Se utilizó estadística descriptiva con análisis cuantitativo para medir y evaluar los cambios y parámetros técnicos obtenidos, incluyendo cálculos de fuerza de empuje, potencia y velocidad de rotación según tipo de roca	Los resultados demostraron que el método TBM tuvo una velocidad de excavación promedio de 21.97 m/día, 42 meses y costo directo de 133 millones de dólares; mientras que con método convencional se obtuvo una excavación promedio de 3.8 m/día, 45 meses y 128 millones de dólares	A partir de los resultados obtenidos se concluye que el método con máquina perforadora TBM es el mejor método para la construcción del túnel en el escenario planteado teniendo en cuenta las condiciones geológicas y trazado debido a su mejor rendimiento, su menor tiempo y su

										costo, resultados que servirán a investigaciones futuras
14	Regalado Hernandez, E. S. (2024)	Diseño de una perforadora mecánica rotativa para la perforación de pozos tubulares en la región Lambayeque	Chiclayo	Diseño de una perforadora mecánica rotativa para la perforación de pozos tubulares en la región Lambayeque	Se trató de una investigación aplicada, no experimental, con enfoque cuantitativo	La muestra de la investigación son 2 perforadoras mecánicas que actualmente se encuentran en funcionamiento y que presentan necesidades de mejoras de diseño; estas perforadoras fueron entrevistadas según guías de entrevista y observación. Las perforadoras serán evaluadas con un enfoque de ingeniería, para observar sus fallas más frecuentes y diseñar una máquina más eficiente frente a las necesidades requeridas	Como instrumentos se emplearon a la guía de entrevistas, guía de observación, libros y manuales de diseño mecánico, documentos de archivos y fuentes gubernamentales	Para realizar la recolección de datos se realizó un viaje hasta la locación actual de las perforadoras, donde se utilizaron las guías de entrevista para recolectar los datos de los dueños u operarios de las máquinas. Además de la guía de entrevista el investigador también se utiliza la guía de observación	El diseño escogido es un sistema mecánico de bajo costo que puede ser construido de manera local y de fácil montaje; este diseño utiliza elementos simples como reductores, poleas, fajas de transmisión y bombas centrífugas. Con el diseño seleccionado se prevé una profundidad de perforación de 70 metros en formaciones con resistencia a la compresión de 50 MPa	Se validaron los cálculos teóricos usando el FEM del software SolidWorks asegurando f.d.s. mayores a 2,5. Finalmente, el costo requerido para la fabricación de la máquina es de S/ 41 089,00 que resulta accesible con el análisis de costos realizado
15	Rodríguez Palomino, P. S., & Malca Quicio, A. R. (2022)	Diseño de una máquina perforadora de bajo costo para excavación de pozos de agua en la provincia de San Marcos	El estudio se desarrolló en la provincia de San Marcos, región Cajamarca, Perú, abarcando principalmente zonas rurales y comunidades aledañas con limitaciones en el acceso al agua potable	Diseñar una máquina perforadora de bajo costo que permita mejorar el suministro de agua y las condiciones sanitarias en la zona rural de la provincia de San Marcos, reduciendo la dependencia de alquiler de equipos costosos	Se aplicó un enfoque cuantitativo, de tipo básico-aplicado y alcance descriptivo-exploratorio, con un diseño no experimental y longitudinal, orientado a recopilar y analizar información técnica para el desarrollo del prototipo	La muestra estuvo compuesta por 40 artículos y guías técnicas sobre máquinas perforadoras, seleccionados por conveniencia y relevancia para el diseño de un sistema hidráulico adaptado a las necesidades de San Marcos	Se emplearon guías de observación directa e indirecta, guías de análisis documental y entrevistas, complementadas con fichas técnicas y registros fotográficos para evaluar parámetros y condiciones de campo	Se utilizó análisis descriptivo y estadístico básico, integrando observaciones de campo y revisión documental, además de estudios geofísicos de resistividad (sondeos eléctricos verticales) procesados con software especializado (IPI2WIN)	El diseño propuesto alcanzó un peso total de 1.072,49 kg, con un motor de 16 HP y torque máximo de 26,5 Nm, capaz de operar en rocas blandas a duras; el costo de fabricación fue de S/ 9.269,50. Se determinó que la máquina mejora significativamente el acceso al agua, con mayor fiabilidad y menores costos, y que su implementación podría generar ingresos adicionales anuales de S/ 62.504 gracias al aumento de la capacidad operativa (de 7.560 a 8.442,46 horas/año)	Se confirmó la viabilidad técnica y económica del diseño, justificando la inversión por su impacto en la mejora del suministro de agua y la calidad de vida rural. Los estudios hidrogeológicos permitieron ubicar puntos óptimos de perforación y definir especificaciones técnicas, obteniendo indicadores financieros positivos (VAN: S/ 127.596,75; TIR: 23%), lo que respalda su implementación en la provincia de San Marcos
16	Trucco, I., Locher, M. V., & Delfino, A. (2018)	Cambios en la estructura socioproductiva de la provincia de Santa Fe, Argentina, durante el proceso de transformación de la agricultura pampeana	El estudio se desarrolló en la provincia de Santa Fe, Argentina, en el contexto de la región pampeana, un área clave para la producción agrícola del país	El propósito central fue analizar la interrelación entre las formas regulatorias — instituciones públicas que inciden en la actividad agrícola— y la estructura socioproductiva — características de los actores del subsistema agrícola—, evaluando cómo ambas dimensiones se articularon durante el proceso de transformación de la agricultura pampeana	Se empleó un enfoque cualitativo—cuantitativo de carácter descriptivo y analítico, basado en el estudio de caso de la provincia, integrando análisis histórico-institucional y socioeconómico	La investigación se centró en actores y unidades productivas agrícolas de la provincia, considerando datos demográficos y sociolaborales a nivel local y regional; no se especifica un número exacto de casos en el resumen disponible	Se utilizaron fuentes secundarias provenientes de registros estadísticos oficiales, censos y documentos institucionales, complementadas con revisión bibliográfica especializada	El análisis combinó la interpretación histórica de cambios regulatorios con el examen estadístico de variables demográficas y laborales, buscando correlaciones con el proceso de agriculturización e intensificación productiva	Se identificó que la modernización agrícola y la agriculturización provocaron cambios significativos en la estructura socioproductiva, incluyendo concentración de la tierra, reducción de unidades productivas familiares y transformaciones en el empleo rural, con desplazamiento de mano de obra hacia áreas urbanas	El estudio concluye que las transformaciones productivas y las modificaciones en las formas regulatorias están estrechamente vinculadas, y que la reconfiguración socioproductiva de Santa Fe responde tanto a dinámicas globales de modernización agrícola como a marcos institucionales nacionales, generando impactos estructurales en la población y en la organización del trabajo rural

17	Vásquez Marrufo, P., & Zapata Medina, J. L. (2015)	Estudio de los factores que influyen en la asociatividad de los productores de mango del valle Motupe - Olmos	La investigación se desarrolló en el valle Motupe-Olmos, ubicado en la región Lambayeque, Perú, zona reconocida por su producción de mango destinada principalmente a la exportación	El propósito central fue identificar los factores que influyen en la asociatividad de los productores de mango del valle Motupe-Olmos, con miras a fortalecer su organización, productividad y competitividad en el mercado agroexportador	Se aplicó un enfoque cuantitativo con un estudio de tipo descriptivo-exploratorio, de corte transversal y diseño no experimental, orientado a analizar la situación en un momento específico sin manipulación de variables	La población estuvo compuesta por 1,769 productores, de los cuales se seleccionó una muestra representativa de 250 productores de mango mediante fórmula para población finita, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 2,5%	Se empleó una encuesta estructurada dirigida a los productores como fuente primaria, complementada con revisión de fuentes secundarias como investigaciones previas y referencias bibliográficas	Los datos fueron procesados con el software SPSS para elaborar tablas de contingencia y con STATA para realizar regresión logística, identificando la relación entre variables y su influencia en la asociatividad	El 67,6% de los productores pertenece a alguna asociación, siendo "Cruz de Chalpón" y "Chochope" las más representativas; el 74% recibe asistencia técnica, principalmente en cosecha (32,4%) y siembra (31,4%); el 78,4% orienta su producción al mercado externo, con un 17,6% que exporta entre el 51% y 75% de su producción; el 58,4% accede a financiamiento, destacando las cajas municipales (48,6%). La regresión mostró que tener estudios técnicos completos y exportar más del 50% de la producción incrementa la probabilidad de asociarse, mientras que poseer tierras propias o recibir asistencia técnica externa la reduce	Se concluyó que la limitada superficie cultivada (45,6% con 0-3 ha), el déficit de asistencia técnica en riego (7,6%), el bajo conocimiento del mercado externo (21,6% sin información) y la falta de acceso al crédito (41,6% sin financiamiento) son factores que restringen la asociatividad y el desarrollo productivo; fortalecer la capacitación, el acceso a financiamiento y la articulación comercial es clave para mejorar la competitividad del sector
18	Zapata Zuñiga, M. A., Hernández Cenozo, C. G., & Kuramoto Huamán, J. R. (2023)	Bases para la caracterización del sistema de innovación agrícola en Lambayeque: Un enfoque bibliométrico y comparativo	El estudio se desarrolló con foco en la región de Lambayeque, Perú, en el marco del XX Congreso Latinoamericano de Gestión Tecnológica y de la Innovación (ALTEC 2023), realizado en Paraná, Argentina.	El propósito central fue examinar, mediante bibliometría, las tendencias académicas sobre sistemas de innovación en el sector agrícola, con miras a sentar bases para caracterizar el sistema de innovación agrícola en Lambayeque y reducir la brecha entre agricultura de exportación y de subsistencia	Se adoptó un enfoque bibliométrico y sistémico, con un diseño retrospectivo, descriptivo y observacional, orientado a analizar literatura académica registrada en la base de datos SCOPUS hasta 2022	La muestra estuvo compuesta por 285 publicaciones científicas seleccionadas tras un proceso de filtrado de un total inicial de 322 registros, excluyendo notas, editoriales y revisiones, e incluyendo artículos, ponencias, libros y capítulos de libros	Se emplearon herramientas especializadas como VosViewer, Bibliometrix (incluyendo la función Biblioshiny en R Studio) y el software Orange para depuración de duplicados, además de la exportación de datos en formato *.csv desde SCOPUS	Se aplicó un análisis bibliométrico estructurado en cinco etapas: definición de términos de búsqueda, recopilación de información, refinamiento de resultados, análisis de indicadores (producción, fuentes, autores, afiliaciones, índices H y G) y determinación de tendencias temáticas	Se identificó un pico de producción en 2020 con 22 artículos, seguido de una disminución en los dos años posteriores; la revista Agricultural Systems lideró con 16 publicaciones; Europa concentró el 40,92% de la producción, seguida de América (21,37%); y se evidenció escasa colaboración intergrupala, predominando la coautoría dentro de los mismos clústeres	El análisis reveló que, a nivel global, los estudios sobre sistemas de innovación agrícola se concentran en políticas y sistemas agrícolas, con baja interconexión entre grupos de investigación; se identificaron áreas potenciales para aplicar en políticas agrícolas regionales en Lambayeque, abarcando desde sistemas nacionales y sectoriales hasta elementos clave de innovación
19	Autoridad Nacional del Agua. (2011)	Monitoreo y evaluación del acuífero del valle Motupe: Informe final	Lima - Perú	-	-	-	-	-	-	-
20	Hibbeler, R. C. (2006)	Mecánica de Materiales	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Hibbeler, R. C. (2016)	Ingeniería Mecánica Estática	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2025)	Plan Nacional de Difusión de Información Agraria Especializada (PLANDIA) 2025	Lima - Perú	-	-	-	-	-	-	-
23	Prieto Celi, M., Rivas Lluncor, J., & Castillo Miranda, M. (2001)	Estudio hidrogeológico del valle Motupe [Informe final]	Distrito de riego Motupe-Olmos-La Leche	-	-	-	-	-	-	-
24	TMG Drilling Supplies. (2021)	CSR 155: Máquina perforadora multipropósito SPT, CPT, saca núcleos y perforación rotativa	-	-	-	-	-	-	-	-

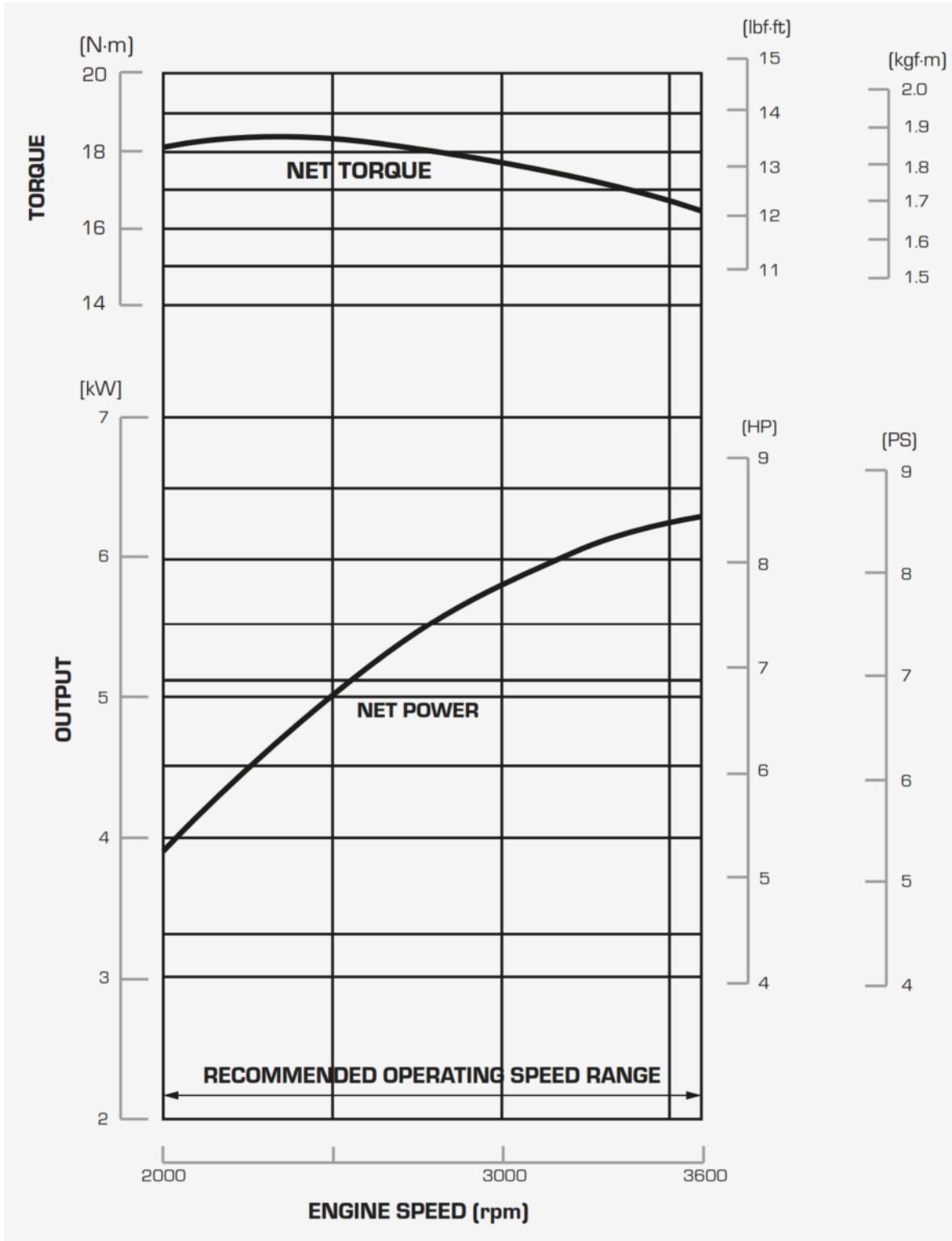
Anexo 2 – Curva de resistencia o capacidad portante



Anexo 3 – Ficha técnica de Motor de combustión interna Honda GX270H2

HONDA		
<h1>GX270H2</h1>		
MOTOR	Tipo de motor	4 tiempos monocilíndrico
	Sistema de Válvulas	OHV
	Desplazamiento (CC)	270
	Potencia Máxima (HP/rpm)	9 / 3 600
	Potencia Nominal (HP/rpm)	8.4 / 3 600
	Máximo torque neto (N.m/rpm)	18.3 / 2 500
	Tipo de filtro de aire	Dual
	Capacidad de tanque de combustible (L)	5.3
	Consumo de combustible L/H	1.9
	Tipo de Combustible	Gasolina de 90
Aceite recomendado	SAE 10W-30 API - HONDA	
DIMENSIONES	Longitud (mm.)	381
	Ancho (mm.)	428
	Altura (mm.)	410
	Peso Seco (kg.)	25.2
EXTRAS	Accesorios incluidos	-
	Garantía	2 Años
CARACTERÍSTICAS ADICIONALES	Diámetro de carrera	77 x 58
	Relación de compresión	8.5 : 1
	Tipo de eje	Horizontal recto
	Sistema de ventilación	Aire Forzado
	Sistema de encendido	CDI
	Tiempo de ignición	B.T.D.C. 10°
	Bujías	BPR6ES (NGK) / W20EPR-U (DENSO)
	Sistema de lubricación	Salpicadura
	Sistema de arranque	A cuerda retráctil
	Sistema de parada	Circuito primario, ignición a tierra
	Capacidad de aceite de motor (cc)	1 100
Sistema de alerta de aceite	Sí	

Curvas de desempeño



Anexo 4 – Ficha técnica de tubos cuadrados, bobinas y planchas en acero ASTM A36

TUBO CUADRADO DE ACERO ASTM A500



El tubo cuadrado de acero estructural laminado al caliente (LAC), presenta una soldadura interna con el sistema ERW. Son ampliamente utilizados en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, etc.

Especificaciones: ASTM A500, AISI A500

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinarse.
Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (Mpa) mín.	269
	Resistencia a la Tracción (Mpa) mín.	310
	Elongación Probeta 8"	25.0% mínimo

Tolerancias	
Espesor	+/- 10%
Longitud	+127 / -64

Dimensiones		Espesor		Peso Teórico	
mm	pulg	mm	Kg/m	Kg	
20 x 20	3/4" x 3/4"	0.9	0.49	2.96	
		1.5	0.86	5.14	
		2	1.04	6.24	
25 x 25	1" x 1"	1.5	1.06	6.37	
		2	1.46	8.76	
		2.5	1.67	10.02	
		3.0	1.93	11.58	
		1.2	1.04	6.24	
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	1.5	1.30	7.80	
		1.8	1.68	10.08	
		2	1.86	11.16	
		2.5	2.17	13.02	
		1.5	1.77	10.62	
		1.8	2.03	12.18	
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	2	2.24	13.46	
		2.5	2.99	17.94	
		3	3.54	21.24	
		4.5	4.52	27.12	
		1.2	1.87	11.24	
		1.5	2.25	13.50	
50 x 50	2" x 2"	1.8	2.70	16.20	
		2	3.12	18.73	
		2.5	3.87	23.23	
		3	4.49	26.94	
		4	6.57	39.41	
		4.5	6.02	36.12	
		6	8.54	51.21	
		2	3.56	21.36	
60 x 60	2 1/2" x 2 1/2"	2.5	4.39	26.34	
		3	5.19	31.14	
		4	7.14	42.86	
		4.5	7.43	44.58	
		1.5	3.41	20.43	
		2	4.50	27.00	
75 x 75	3" x 3"	2.5	5.56	33.36	
		3	6.81	40.86	
		4	8.59	51.54	
		4.5	9.55	57.30	
		6	13.11	78.66	
		2	6.17	36.99	
		2.5	7.68	46.05	
100 x 100	4" x 4"	3	9.20	55.21	
		4	12.17	73.03	
		4.5	13.59	81.56	
		6	16.98	101.88	
		9.5	25.70	154.20	
		3	11.31	67.86	
125 x 125	5" x 5"	4	14.87	89.22	
		4.5	17.17	103.02	
		4.7 (3/16")	17.81	106.86	
		6	21.69	130.14	
		6.35 (1/4")	23.24	139.44	
		3	13.67	82.02	
150 x 150	6" x 6"	4	18.01	108.06	
		4.5	20.80	124.80	
		6	27.39	164.32	
		3	18.63	111.76	
		4	24.29	145.74	
200 x 200	8" x 8"	4.5	27.77	166.64	
		4.7	29.21	175.26	
		6.0	35.82	214.92	
		8	48.68	292.10	
		9	52.34	314.04	
		9.5	56.08	336.48	
		4.7 (3/16")	36.86	221.14	
250 x 250	10" x 10"	6	45.24	271.44	
		6	54.66	327.96	
300 x 300	12" x 12"	8	73.82	442.90	

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Laminados en Caliente

BOBINAS Y PLANCHAS LAC

DENOMINACIÓN:
BLAC A36, PLAC A36.

DESCRIPCIÓN:
Bobinas y Planchas de acero laminadas en caliente con bordes de laminación.

USOS:
Se usa en la fabricación de tubos, perfiles plegados, asimismo luego de su corte en planchas, se emplea en la construcción de silos, carrocerías y construcción en general.

NORMAS TÉCNICAS:

DESIGNACIÓN	NORMAS TÉCNICAS
Estructural	ASTM A36 y Dimensiones según JIS G3193-2008

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%):

CALIDAD ASTM	%C	%Mn MÁX.	%P MÁX.	%S MÁX.	SI MÁX.
A36	0.25 máx.	-	0.040	0.050	0.40

DIMENSIONES NOMINALES:

BOBINAS LAMINADAS EN CALIENTE (BLAC A36)
1.5 x 1200 mm
1.8 x 1200 mm
1.9 x 1200 mm
2.0 x 1200 mm
2.2 x 1200 mm
2.3 x 1200 mm
2.4 x 1200 mm
2.5 x 1200 mm
2.9 x 1200 mm
4.4 x 1200 mm
5.9 x 1200 mm

PLANCHAS LAMINADAS EN CALIENTE (PLAC A36):

DIMENSIONES (mm)	PESO TEÓRICO EN kg/plancha				TOLERANCIA EN EL ESPESOR (mm)	ESPESOR EQUIVALENTE O APROXIMADO
	1,200 x 2,400 (mm)	1,200 x 6,000 (mm)	1,500 x 6,000 (mm)	2,400 x 6,000 (mm)		
1.5"	33.91				±0.18	1/16"
1.8"	40.69				±0.19	9/128"
1.9"	42.96				±0.19	9/128"
2.0"	45.22	113.04			±0.20	5/64"
2.2"	49.74	124.34			±0.20	2/23"
2.3"	52	130			±0.20	1/11"
2.4"	54.26	135.65			±0.20	3/32"
2.5"	56.52	141.3			±0.22	3/32"
2.9"	65.56	163.91			±0.22	1/8"
3.0"			211.95		±0.22	1/8"
3.9"	88.17	220.43			±0.24	5/32"
4.0"			282.6		±0.45	5/32"
4.4"	99.48	248.69			±0.45	3/16"
4.5"			317.93		±0.45	3/16"
4.8"			339.12		±0.45	3/16"
5.0"				565.20	±0.50	3/16"
5.9"	133.39	333.47			±0.50	1/4"
6	135.65	339.12	423.9		0.8/0.3	1/4"
6.35	143.56	358.9			0.8/0.3	1/4"
6.4			452.16	723.46	0.8/0.3	1/4"
8	180.86	452.16	565.2	904.32	0.8/0.3	5/16"
9	203.47		635.85	1,017.36	0.8/0.3	3/8"
9.5			671.18	1,073.88	0.8/0.3	3/8"
12	271.3		847.8	1,356.48	0.8/0.3	1/2"
12.5			883.13	1,413.00	0.8/0.3	1/2"
16	361.73		1,130.40	1,808.64	0.8/0.3	5/8"
19			1,342.35	2,147.76	0.8/0.3	3/4"
20	452.16			2,260.80	0.9/0.3	3/4"
22			1,554.30	2,486.88	0.9/0.3	7/8"
25	565.2		1,766.25	2,826.00	1.0/0.3	1"
32	723.46		2,260.80	3,617.28	1.3/0.3	1 1/4"
38	859.1		2,684.70	4,295.52	1.5/0.3	1 1/2"
50	1,130.40		3,532.50	5,652.00	1.8/0.3	2"
63	1,424.30		4,450.95	7,121.52	2.4/0.3	2 1/2"
75	1,695.60		5,298.75	8,478.00	2.8/0.3	3"
100	2,260.80		7,065.00	11,304.00	3.5/0.3	4"
125			8,831.25	14,130.00	3.5/0.3	5"
150	3,391.20		10,597.50	16,956.00	3.5/0.3	6"

(*) Dimensiones bajo norma JIS G3193

QCQA01-F202/03/JUN 18 - QCQA01-F201/03/JUN 18

Previo acuerdo se comercializa en otras medidas.



Laminados en Caliente

BOBINAS Y PLANCHAS LAC

PROPIEDADES MECÁNICAS:

CALIDAD	NORMA	LÍMITE DE FLUENCIA MPa (kg/mm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MPa (kg/mm ²)	ALARGAMIENTO EN 200 mm (%)	DOBLADO A 180°
Estructural	ASTM A36	250 mín. (25.50 mín.)	400 - 550 (40.80 - 56.10)	20 mín.	Sin fisura (*)
Estructural	ASTM A1011/A1011M S536 Tipo 2	250 mín. (25.50 mín.)	400 - 550 (40.80 - 56.10)	16 mín.	Sin fisura (*)
Estructural	ASTM A1011/A1011M Grado 36 Tipo 2	250 mín. (25.50 mín.)	400 - 550 (40.80 - 56.10)	18 mín.	Sin fisura (*)

TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

Según JIS G3193-80.

Según ASTM A6 para espesores mayores o iguales a 6mm.

QCQA01-F202/03/JUN 18 - QCQA01-F201/03/JUN 18



PERÚ

LIMA: Av. Antonio Miró Quesada N.° 425, piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.

PISCO: Panamericana Sur, Km. 240, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.

AREQUIPA: Variante de Uchumayo Km 5.5, Cerro Colorado, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

BOLIVIA

LA PAZ:

- Calle E - Lote 14, manzano A-08, Urbanización Cervecería Boliviana Nacional - Bellavista Viacha.

- Av. Hilbo N.° 100, Zona El Kenko. Tel. (591) 75555819/77641658. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

SANTA CRUZ: Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06, Mz. 1, lote 4 - Warnes.

Tel. (591) 75555819/77303688. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

Encuétranos en:



www.acerosarequipa.com



Anexo 5 – Cotizaciones para el diseño



SOLUCIONES INDUSTRIALES “AG”



VENTA REPARACION Y
FABRICACION DE MECANISMOS ELECTROMECHANICOS

SERVICIO DE TORNO, FRESADORA, SOLDADURA ELECTRICA, FABRICACIÓN DE PIEZAS INDUSTRIALES
EN ACERO, FIERRO FUNDIDO, BRONCE, ALUMINIO Y PLÁSTICO.

COTIZACIÓN

CLIENTE: Danner Julca Leon
DOC: 62448751

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO SIN IGV S/.	PRECIO PARCIAL S/.
1.00	Soporte para motor (base deslizante)	1.00	S/ 147.60	S/ 147.60
2.00	Estructura soporte de maquina perforadora	1.00	S/ 492.00	S/ 492.00
3.00	Estructura deslizante para soporte de caja de transmisión	1.00	S/ 147.60	S/ 147.60
4.00	Caja para sistema de transmisión 1 y 2	1.00	S/ 266.50	S/ 266.50
5.00	Eje y cardan para motor	1.00	S/ 172.20	S/ 172.20
6.00	Eje extensor para cardan	1.00	S/ 287.00	S/ 287.00
7.00	Eje y cardan para transmisión	1.00	S/ 172.20	S/ 172.20
8.00	Eje 1 para transmisión (21 mm de diámetro)	1.00	S/ 110.70	S/ 110.70
9.00	Eje 2 para transmisión (26 mm de diámetro)	1.00	S/ 131.20	S/ 131.20
10.00	Eje 3 para transmisión (36 mm de diámetro)	1.00	S/ 164.00	S/ 164.00
11.00	Eje 4 para transmisión (36 mm de diámetro)	1.00	S/ 221.40	S/ 221.40
12.00	Piñón recto de 18 dientes (para eje 21 mm)	1.00	S/ 127.10	S/ 127.10
13.00	Piñón recto de 18 dientes (para eje 26 mm)	1.00	S/ 127.10	S/ 127.10
14.00	Engrane recto de 47 dientes (para eje 26 mm)	1.00	S/ 315.70	S/ 315.70
15.00	Engrane recto de 47 dientes (para eje 36 mm)	1.00	S/ 315.70	S/ 315.70
16.00	Piñón cónico recto de 18 dientes (para eje de 36 mm)	1.00	S/ 180.40	S/ 180.40
17.00	Engrane cónico recto de 47 dientes (para eje 36 mm)	1.00	S/ 352.60	S/ 352.60
18.00	Broca de 10 cm	1.00	S/ 147.60	S/ 147.60
19.00	Broca de 15 cm	1.00	S/ 180.40	S/ 180.40
20.00	Broca de 20 cm	1.00	S/ 221.40	S/ 221.40
21.00	Broca de 25 cm	1.00	S/ 287.00	S/ 287.00
22.00	Mano de obra por ensamblaje y pruebas	1.00	S/ 615.00	S/ 615.00
Subtotal sin IGV				S/ 5,182.40
IGV 18%				S/ 932.83
Costo total				S/ 6,115.23

Tiempo de entrega: 10 días

Este costo está sujeto a la variación de precios acorde al mercado actual según el año 2025.

Cuenta en soles BCP: 305-00110880-0-87

CCI: 002-30510011088008718


Ing. Juan José Huáica Correa
SUPERVISOR



EXIMPORT DISTRIBUIDORES DEL PERU S.A.

CASA MATRIZ: Av. Argentina N° 1710 - Lima Telf.: 336-7272

SUCURSAL CHICLAYO: Av. Augusto B. Leguía 1194



Catálogo de productos: www.edipesa.com.pe

EDIPESA CHICLAYO

PROFORMA

FECHA **06/09/25**

Señor(es)	DOGNER JULCA	R.U.C.:	
Dirección:		Telf.:	
UNIDAD	DESCRIPCION	P. Unitario	TOTAL
01	MOTOR GAS. 9. HP D/M 1C OHV 270cc MAREN. HONDA	OF \$	<u>1,900</u>
01	MOTOR GAS. 13. HP P/M 1C 3600RPM MAREN. PONTACE	OF \$	<u>790.</u>
01	MOTOR GAS 13. HP D/M 1C 389cc MAREN. DASWAO	OF \$	<u>1,350</u>
01	MOTOR GAS 14. HP D/M 1C OHV 4000rpm MAREN KOPKEE	OF \$	<u>2,000</u>
Garantía y Servicio Técnico			
920258572			



VALIDO HASTA EL _____

Vendedor V° B° _____

Roberto Zuñiga
EXIMPORT DISTRIBUIDORES DEL PERU S.A.

35 SUCURSALES A NIVEL NACIONAL: LIMA - ABANCAY - AREQUIPA (2) - AYACUCHO - CAJAMARCA - CUSCO - CHIMBOTE - CHICLAYO - HUANKO - HUANCRA - CAÑETE - CHALA - HUANAZ - ICA - ILO - NAZCA - JULIACA - JAÉN - PIURA - PUCALLPA - PUERTO MALDONADO - TACNA - TRUJILLO - TUMBES - TARAMPO - QUITOS - YURIMAGUAS - PICHANAK - POSHRI



COTIZACION

RODATECH

SERVICIOS SIMAC S.C.R.L.

RUC: 20601218314

LOCAL: RODATECH

CALLE FERREÑAFE 106 - TDA 02 URB. SAN LORENZO
LAMBAYEQUE CHICLAYO CHICLAYO

941 096 090

06/09/2025 12:28:11

C001-00006774

CLIENTE: GENERICO

Tel: -

DNI: 88888888

Descripción	Cant.	P.Und	P.Total
6204-2RS1/C3 --MARCA EUROPOWER-- (MED.20X47X14)	2 NIU	5.00	S/ 10.00
6305-2RS1/C3 --MARCA EUROPOWER (25X82X17)	2 NIU	5.00	S/ 10.00
6307-2RS1/C3 --MARCA EUROPOWER (35X80X21)	4 NIU	15.00	S/ 60.00
6407 C3 --MARCA EUROPOWER (35X100X25)	2 NIU	45.00	S/ 90.00

Total de productos: 4

Total de cantidades: 10

SON: CIENTO SETENTA CON 00/100 SOLES

IMPORTE TOTAL S/ 170.00

CONTADO S/ 170.00

VUELTO S/ 0.00

Atendido por: ADMINISTRADOR RODATECH

Powered by TumiPOS



[Inicio](#)

CARRO DE COMPRA



CRUCETA CARDAN 26x69.8
SEG.EXTER.
Tamaño : Tamaño Unico

1

\$8.990



[← Continuar Comprando](#)



COTIZACION: E02-00007794

FECHA : 23/09/2025
 SEÑOR : VARIOS
 DIRECCION :
 TELEFONO :
 ATTE :
 VENDEDOR : ALEJANDRA VIDARTE

FAX :
 REFERENCIA :

RUC: 20601015324
 Av. Luis Gonzales 1565 Urb. San Luis -
 Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque Col.
 976786987

Estimados señores:

Por medio de la presente nos es grato cotizarles lo siguiente:

ITM	CODIGO	MARCA	DESCRIPCION	U.M.	CANT.	P.UNIT.	DSCTO.(%)	TOTAL
1	25006	PRETU	LLANTA COMPLETA CON EJE PRETUL	UND	4.00	47.000	0.00	188.00
2	11852	TRUPE	LLANTA COMPLETA CON EJE TRUPER	UND	4.00	60.000	0.00	240.00
3	P34	VOLCA	LLANTA IMPONCHABLE (SOLIDA) 4.8 AMARILLO	UND	4.00	48.000	0.00	192.00
4	19658	TRUPE	LLANTA IMPONCHABLE (SOLIDA) TRUPER	UND	4.00	85.000	0.00	340.00
5	140439	C&A	LLANTA IMPONCHABLE(SOLIDA) C&A	UND	4.00	55.000	0.00	220.00

EN: SOLES

VALOR VENTA : S/. 1,000.00 IGV : S/. 180.00 TOTAL NETO : S/. 1,180.00

CONDICION DE PAGO : DEPOSITO EN CUENTA
 VALIDEZ : 2 dias
 OBSERVACION :

PLAZO DE ENTREGA : SEGUN STOCK INMEDIATO

DEPÓSITO EN CTA: BCP. CTA CTE SOLES: 305-2345749-0-40 / CCI: 002-30500234574904019 CTA DE RECAUDO BBVA: 12800

BBVA CTA AHORROS SOLES: 0011028/0200314001 BBVA CCI SOLES: 011-287-000200314001-05

CAJA PIURA SOLES: 210-01-4977250 INTERBANK CTA CTE SOLES: 7003001763282

Sin otro particular, quedamos de ustedes.

.....
 Creditos y Cobranzas

.....
 Vendedor

**Anexo 6 – Aceros empleados para la estructura, sistema de transmisión,
ejes y demás componentes**

FTC-CGA-1045 Rev. 1 - 30/07/24



Cía. General de Aceros

Aseguramos su productividad



ACEROS ESPECIALES

Para aplicaciones Industriales

**ACERO GRADO
INGENIERÍA**

1045

 **SUMINISTRO
DE MATERIALES**

 **PROCESOS
METALMECANICOS**

 **ASESORÍA
TÉCNICA**

Acero Grado Ingeniería

Referencia:
1045

Norma comparable:

AISI / SAE: 1045
DIN: CK45
AFNOR: XC45
UNI: C45
BS: 060 A45

Composición Química: (Análisis en %)

C	Mn	Si	S	P
0.43 - 0.50	0.60 - 0.90	0.20 - 0.40	Máx. 0.05	Máx. 0.04

Características:



AISI / SAE 1045 es un acero de medio carbono que posee baja soldabilidad y buena maquinabilidad, responde al tratamiento térmico para ser endurecido. Por su dureza y tenacidad es utilizado para la fabricación de componentes de maquinaria.

En CGA se comercializa y transforma láminas desde 15.88 mm hasta 260 mm de espesor.

Aplicaciones:



Por sus características de temple, el acero AISI / SAE 1045 tiene una amplia gama de aplicaciones automotrices y de maquinaria en general de resistencia media, tales como: ejes, cigüeñales, engranajes, piñones, cuñas, tornillos, pernos, pasadores, partes de maquinaria y herramientas agrícolas.

El acero AISI / SAE 1045 no es recomendable para cavidades y/o porta cavidad de molde, pulido o brillo por su tamaño de grano y posibles inclusiones o discontinuidades que puede presentar en el material, además de su servicio medio en propiedades mecánicas en comparación a un acero grado Herramienta.

Características físicas:



Dureza de suministro:

180 – 220 HB



Estado de Suministro

Placas: Laminado en Caliente y Normalizado
Barras: Laminado en Caliente, Normalizado con acabado torneado o calibrado

Estado de Suministro	Resistencia Tracción kg/mm ²	Límite Elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza HB
Laminado en Caliente	60	32	≥ 16	≥ 40	180 / 220
Calibrado	60	42	≥ 16	≥ 40	180 / 220



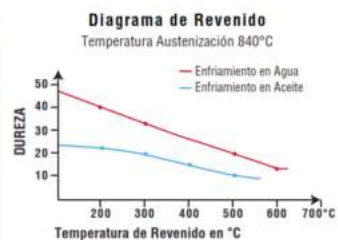
Más que un proveedor, somos el aliado estratégico de los diferentes sectores de la industria

Acero Grado Ingeniería Referencia: **1045**



Tratamiento Térmico	Temperatura °C	Medio de Enfriamiento
Forja	850 / 1100	Ceniza o Arena
Temple	815 / 870	Aceite
Normalizado	856 / 900	Aire
Recocido total	815 / 885	Horno
Revenido	Ver Diagrama	Aire

*Tener presente que los tratamientos térmicos modifican las propiedades mecánicas de origen del material.



El tiempo de sostenimiento a esta temperatura es de 1 hora + 1 hora por pulgada de espesor o diámetro de la pieza. Posteriormente se enfría en el horno o al aire.

Somos el **Aliado Estratégico** en el Desarrollo Industrial del País



Compañía General de Aceros S.A. es la empresa líder en suministro y transformación de aceros especiales de alta calidad en Colombia. Hemos logrado esta posición con el trabajo diario y continuo por más de 65 años, ofreciendo soluciones integrales con nuestros recursos, experiencia y conocimiento técnico.

Estamos presentes en las principales ciudades de Colombia, en caso de necesitar asesoramiento por favor contactar a su asesor comercial o llamar al Call Center +57 (061) 7700 560.

Observaciones:

Toda la información técnica es solo de referencia. Los datos consignados en este documento están basados en conocimientos técnicos y tienen por objetivo brindar información general, así como sus campos de aplicación; por lo que no se debe tomar como una garantía de la funcionalidad en cualquier tipo de aplicación.

Las imágenes presentadas en este documento tienen propósitos ilustrativos y su finalidad es mostrar representaciones visuales de las posibles aplicaciones a las cuales pueden ser sometidos los materiales o productos mencionados.

CGA podrá realizar actualizaciones a esta información según su criterio técnico.

Estamos certificados por ICONTEC en las normas ISO 9001:2015 – TR-CO10/3773, ISO 14001:2015 – TR-CO15/6552 e ISO 45001:2018 – TR-CO15/6554. Certificaciones que nos consolidan como una organización comprometida con la calidad, el medio ambiente y la gestión efectiva de la seguridad en el trabajo. Para ver nuestras certificaciones lo invitamos a ingresar en nuestra [página web](#)



Cía. General de Aceros

Aseguramos su productividad



ACEROS ESPECIALES

Para aplicaciones Industriales

**ACERO GRADO
INGENIERÍA**

4340



**SUMINISTRO
DE MATERIALES**



**PROCESOS
METALMECANICOS**



**ASESORÍA
TÉCNICA**

Acero Grado Ingeniería

Referencia:
4340

Norma comparable:

AISI / SAE: 4340
DIN: 40NiCrMo6
AFNOR: 38NCD6
UNI: 40NiCrMo7
BS: 3S95

Composición Química:
(Análisis en %)

C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	S	P
0.38 - 0.43	0.60 - 0.80	0.15 - 0.35	0.70 - 0.90	0.20 - 0.30	1.65 - 2.0	Máx. 0.040	Máx. 0.035

Características:



AISI / SAE 4340 es un acero de medio carbono aleado con Cr-Ni-Mo. Posee buena resistencia a la fatiga, alta templabilidad, excelente tenacidad, regular maquinabilidad y baja soldabilidad.

Aplicaciones:



El acero AISI / SAE 4340 se utiliza en piezas y herramientas sometidas a las más grandes exigencias y a los más altos esfuerzos estáticos y dinámicos. Cigüeñales, piñones, pernos y tornillos de alta resistencia, engranajes para máquinas, discos para frenos, barras de torsión y árboles de transmisión.

Características físicas:

Dureza de suministro:



Estado de Suministro: Bonificado

28 – 32 HRc



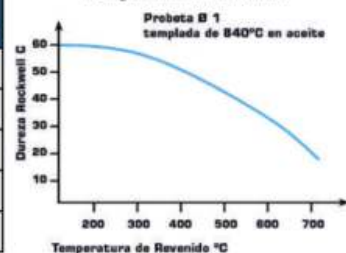
Estado de Suministro	Resistencia Tracción kg/mm ²	Límite Elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza HB
Laminado en Caliente	65 / 75	44	20	50	210 / 240
Calibrado	75 / 85	63	10	30	240 / 260
Bonificado	85 / 110	78	16	45	260 / 320



Tratamiento Térmico	Temperatura °C	Medio de Enfriamiento
Forja	850 - 1100	Ceniza o Arena
Temple	820 / 850	Aceite
Normalizado	850 / 870	Aire
Recocido	680 / 720	Horno
Revenido	540 / 650	Aire

*Tener presente que los tratamientos térmicos modifican las propiedades mecánicas de origen del material.

Diagrama de Revenido



Más que un proveedor, somos el aliado estratégico de los diferentes sectores de la industria

Acero Grado Ingeniería

Referencia:
4340

Somos el **Aliado Estratégico** en el Desarrollo Industrial del País



Compañía General de Aceros S.A. es la empresa líder en suministro y transformación de aceros especiales de alta calidad en Colombia. Hemos logrado esta posición con el trabajo diario y continuo por más de 65 años, ofreciendo soluciones integrales con nuestros recursos, experiencia y conocimiento técnico.

Estamos presentes en las principales ciudades de Colombia, en caso de necesitar asesoramiento por favor contactar a su asesor comercial o llamar al Call Center +57 (061) 7700 560.

Observaciones:

Toda la información técnica es solo de referencia. Los datos consignados en este documento están basados en conocimientos técnicos y tienen por objetivo brindar información general, así como sus campos de aplicación; por lo que no se debe tomar como una garantía de la funcionalidad en cualquier tipo de aplicación.

Las imágenes presentadas en este documento tienen propósitos ilustrativos y su finalidad es mostrar representaciones visuales de las posibles aplicaciones a las cuales pueden ser sometidos los materiales o productos mencionados.

CGA podrá realizar actualizaciones a esta información según su criterio técnico.



Estamos certificados por ICONTEC en las normas ISO 9001:2015 – TR-C010/3773, ISO 14001:2015 – TR-C015/6552 e ISO 45001:2018 – TR-C015/6554. Certificaciones que nos consolidan como una organización comprometida con la calidad, el medio ambiente y la gestión efectiva de la seguridad en el trabajo. Para ver nuestras certificaciones lo invitamos a ingresar en nuestra [página web](#)

Anexo 7 – Proforma de préstamo bancario para el financiamiento de la maquina Perforadora multipropósito.

Préstamo Microempresa

Importe financiado

S/ 8,789.43

Cuota: S/ 774.75
 Duración total: 12 meses
 TCEA Referencial de Operación: 13.183265%

— Detalle del préstamo

Producto	Préstamo Microempresa
Importe solicitado	S/ 8,789.43
Cuota	S/ 774.75
Duración total	12 meses
Fecha de solicitud	31/01/2026
Fecha de vencimiento	01/02/2027
Día de pago	31
Tipo de seguro de desgravamen	Convencional Individual
Tasa del seguro de desgravamen	0.069%
Tasa Efectiva Anual	10%
TCEA Referencial de operación	13.183265%
Comisión envío físico de estado cuenta	S/ 8.50

— Cronograma de pagos

MES	VENCIMIENTO	AMORTIZACIÓN	INTERÉS	COMISIONES + SEGUROS	SUBVENCIÓN	CUOTA	SALDO
1	02/03/2026	S/ 698.60	S/ 70.09	S/ 14.56	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 8,090.83
2	31/03/2026	S/ 706.99	S/ 62.36	S/ 13.90	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 7,383.84
3	30/04/2026	S/ 710.78	S/ 58.88	S/ 13.59	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 6,673.06
4	01/06/2026	S/ 713.07	S/ 56.77	S/ 13.41	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 5,959.99
5	30/06/2026	S/ 724.83	S/ 45.94	S/ 12.48	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 5,235.16

31/1/26, 6:00 a.m.

Simulador Préstamo Comercial Negocios | BBVA Perú Empresas

MES	VENCIMIENTO	AMORTIZACIÓN	INTERÉS	COMISIONES + SEGUROS	SUBVENCIÓN	CUOTA	SALDO
6	31/07/2026	S/ 727.88	S/ 43.14	S/ 12.23	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 4,507.28
7	31/08/2026	S/ 734.40	S/ 37.14	S/ 11.71	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 3,772.88
8	30/09/2026	S/ 742.06	S/ 30.09	S/ 11.10	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 3,030.82
9	02/11/2026	S/ 745.85	S/ 26.60	S/ 10.80	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 2,284.97
10	30/11/2026	S/ 756.28	S/ 17.00	S/ 9.97	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 1,528.69
11	31/12/2026	S/ 761.06	S/ 12.60	S/ 9.59	S/ 0.00	S/ 783.25	S/ 767.63
12	01/02/2027	S/ 767.63	S/ 6.53	S/ 9.06	S/ 0.00	S/ 783.22	S/ 0.00
		S/ 8,789.43	S/ 467.14	S/ 142.40	S/ 0.00	S/ 9,398.97	

i IMPORTANTE

- Los datos emitidos por este simulador son referenciales.
- El otorgamiento del préstamo está sujeto a evaluación crediticia.
- La fecha de desembolso, para efectos de esta simulación, es la fecha de solicitud que ha ingresado en este simulador.
- La simulación no incluye el ITF.
- La tasa de interés es fija.
- Usted podrá contratar directamente su póliza de seguro, con las mismas características y beneficios a la ofrecida, y endosarla sin costo a favor del Banco.

Anexo 8 – Cantidad de jornales necesarios para ahoyar 1 hectárea según tipo de cultivo.

1	COSTOS DE PRODUCCIÓN - MANGO	
1.1	COSTOS DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO HASTA 2026	
1.11	Instalación:	Mango - Instalación
	Variedad:	kent
	Nivel de NKP:	Nivel Tecnológico: Medio
	Densidad:	400 Plantas
	Tipo de Cambio:	3.74 soles / dólar

RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (S/)	SUB TOTAL (S/)
1. Preparación de Terreno				
subsolucion	hora/maq	2.00	150.00	300
nivelacion	hora/maq	1.00	85.00	85
aradura	hora/maq	4.00	85.00	340
gradeo	hora/maq	2.00	85.00	170
traza.plantacion	hora/maq	2.00	85.00	170
cultivo	hora/maq		85.00	0
bordead.y melgueo	jornal	14.00	50.00	700
acequias y tomeo	jornal	3.00	50.00	150
hoyadura	jornal	55.00	50.00	2750
2. Siembra				
plantones	hijuelos	625.00	13.00	8125
saca de hijuelos	jornal	4.00	30.00	400
siembra	jornal	35.00	30.00	1050
resiembra	jornal	2.00	30.00	
riego siembra	jornal	2.00	30.00	60
3. Labores culturales				
desahije	jornal	4.00	50.00	
deshierbos	jornal	36.00	50.00	1800
apuntalado	jornal	4.00	50.00	200
limpia acequia	jornal	4.00	50.00	200
aplica.fertili.	jornal		50.00	0
aplica.pestici	jornal	4.00	50.00	200
alq.pulveri.	aplica.		0.00	0
riegos	jornal	12.00	50.00	600

1	COSTOS DE PRODUCCIÓN - PALTO				
1.1	COSTOS DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO HASTA 2026				
1.11	Instalación:	Palta - Instalación			
	Variedad:	Hass			
	Nivel de NKP:		Nivel Tecnológico:	Medio	
	Densidad:	494 Plantas	Rendimiento:	8000	Kg. (primer año)
	Tipo de Cambio:	3.73 soles / dólar			

RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (S/)	PRECIO UNITARIO (dólares USA)	COSTO TOTAL (dólares USA)
I. COSTOS DIRECTOS					16781.47
Mano de Obra, Tracción Animal o mecanizada				0.00	
1. Preparación de Terreno				0.00	278.82
a. Machaco	Jornal	1	100	26.81	26.81
b. Barbecho completo (2 gradas y nivelad	Jornal	3	100	26.81	80.43
c. Barbecho completo (2 gradas y nivelad	h. / máq.	3.00	180	48.26	144.77
d. Limpia de bordes	Jornal	1	100	26.81	26.81
2. Siembra				0.00	1541.55
a. coba de hoyos	Jornal	65	50	13.40	871.31
b. Instalación de plantas	Jornal	50	50	13.40	670.24
3. Labores Culturales				0.00	455.76
a. Riego	Jornal	10	50	13.40	134.05
b. Limpieza	Jornal	20	50	13.40	268.10
c. Poda y mantenimiento	Jornal	4	50	13.40	53.62
II. COSTOS INDIRECTOS				0.00	755.17
Asistencia Técnica y/o Capacitación	% C.Directo	2%		0.00	335.63
Supervisión y Operación	% C.Directo			0.00	0.00
Gastos Administrativos	% C.Directo	3%		0.00	419.54
COSTO TOTAL (dólares USA por Há.):					17536.64

COSTO DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO LIMÓN (Instalación)

COSTOS DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO HASTA 2026

Instalación:	Limon - Instalación			
Variedad:	Varias			
Nivel de NKP:		Nivel Tecnológico:	ALTO	
Densidad:	460 Plantas	Rendimiento:	7000	Kg. (tercer año)
Tipo de Cambio:	3.73 soles / dólar			
PERÍODO VEGETATIVO	: PERMANENTE			

RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$ USD)	COSTO TOTAL (dólares USA)
I. COSTOS DIRECTOS				21.84
<u>Mano de Obra, Tracción Animal o mecanizada</u>				
1. Preparación de Terreno				0.74
a. Machaco	Jornal	1.00	0.08	0.08
b. Barbecho completo (2 gradas y nivelación)	Jornal	3.00	0.08	0.23
c. Barbecho completo (2 gradas y nivelación)	h. / máq.	2.00	0.28	0.22
d. Limpia de bordes	Jornal	1.00	0.08	0.22
2. Siembra				2.36
a. Instalación: coba de pozos	Jornal	25.00	0.08	1.90
b. Instalación de plantas	Jornal	6.00	0.08	0.46
3. Labores Culturales				1.83
a. Riego	Jornal	1.00	0.08	0.08
b. Limpieza	Jornal	15.00	0.08	1.14
c. Poda y mantenimiento	Jornal	8.00	0.08	0.61
II. COSTOS INDIRECTOS				0.00
Asistencia Técnica	% C.Directo	0.10		0.00
Gastos Administrativos	% C.Directo	0.05		0.00

COSTO DE PRODUCCION PLÁTANO/HA - INSTALACION

COSTOS DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO HASTA 2026

Cultivo:	Banano organico	Variedad: Seda
Epoca de siembra:	Todo el año	
Densidad	1600 Plantas	
TIPO DE CAMBIO		3.75

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTI.	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL\$
preparacion de terreno		79.00		948.00
limpia y quema de rastrojo	jornal	4.00	12.00	48.00
limpia de acequias y drenes	jornal	6.00	12.00	72.00
construccion de regaderos	jornal	6.00	12.00	72.00
medicion y marcado	jornal	2.00	12.00	24.00
riego de machaco	jornal	1.00	12.00	12.00
hoyado	jornal	60.00	12.00	720.00
siembra:		10.00		120.00
desinfeccion de hijuelos	jornal	1.00	12.00	12.00
distribucion en el terreno	jornal	2.00	12.00	24.00
siembra	jornal	6.00	12.00	72.00
resiembra	jornal	1.00	12.00	12.00
labores culturales		42.00		504.00
deshierbo (4/año)	jornal	8.00	12.00	96.00
riegos	jornal	6.00	12.00	72.00
abonamiento (3/ año)	jornal	6.00	12.00	72.00
desahije (3 /año)	jornal	6.00	12.00	72.00
deschante (3/año)	jornal	6.00	12.00	72.00
apuntalado (25% racimos)	jornal	2.00	12.00	24.00
enfundado (25% racimos)	jornal	4.00	12.00	48.00
despunte y desculatado	jornal	2.00	12.00	24.00
aplicacion insecticidas	jornal	2.00	12.00	24.00

COSTO DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO PAPAYO (Instalación)

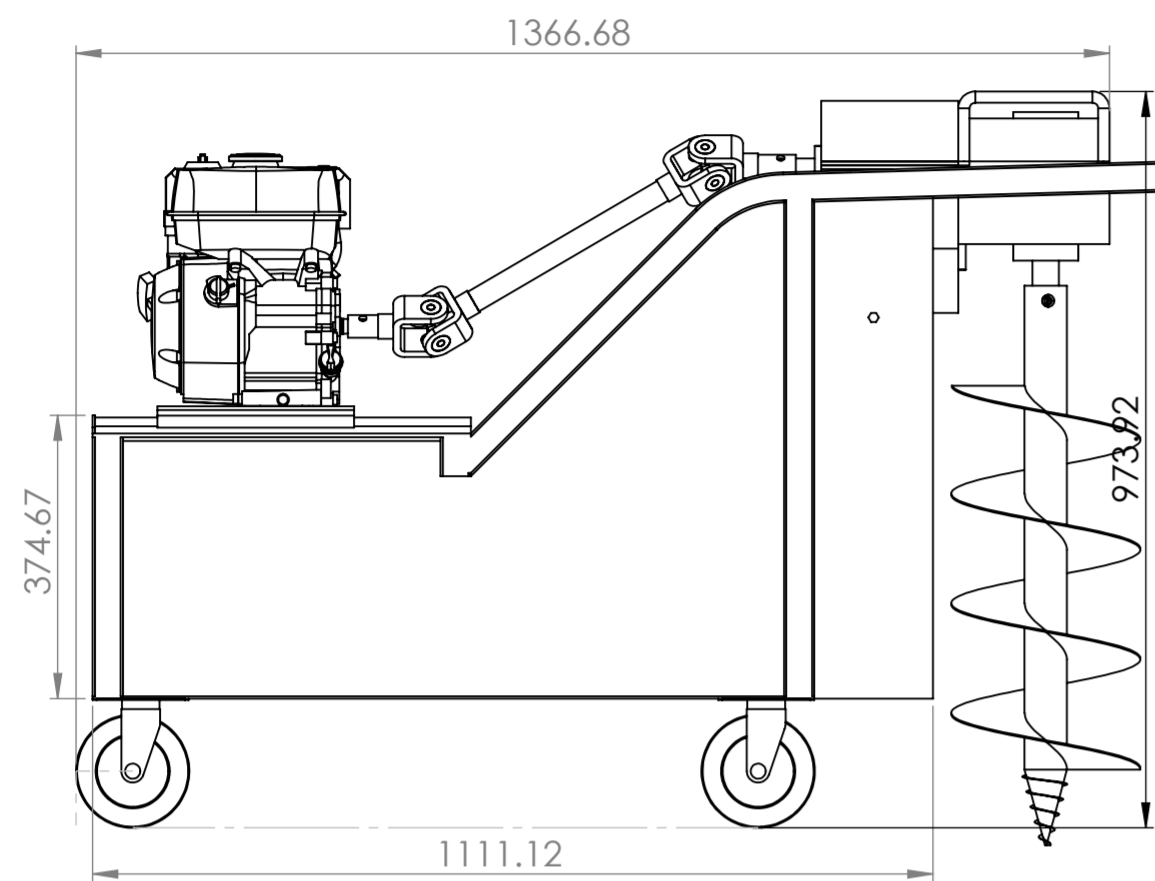
COSTOS DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO HASTA 2026

VARIEDAD : CRIOLLO
CLASE DE SEMILLA : COMÚN
SISTEMA DE SIEMBRA : INDIRECTO
NIVEL TECNOLÓGICO : MEDIO
DENSIDAD : 2000 Plantas

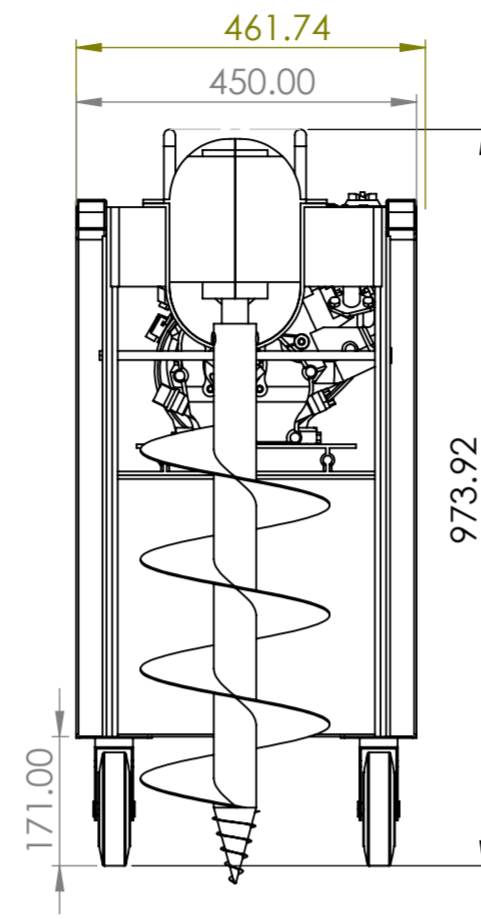
TIPO CAMBIO **S/** **3.70**

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (\$.)	COSTO TOTAL (\$.)
I. - COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Rozo, tumba y quema	Jor.	15	14.2	213.0
- Alineamiento y hoyos	Jor.	35	14.2	497.0
1.2 Siembra				
- Transplante de plántones	Jor.	20	14.2	284.0
- Recalce	Jor.	1	14.2	14.2
1.3 Abonamiento				
- Abonamiento	Jor.	10	14.2	142.0
1.4 Labores Culturales				
- Deshierbos (4)	Jor.	40	14.2	568.0
1.5 Control Fitosanitario				
- Aplicación pesticidas	Jor.	8	14.2	113.6
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA			14.2	1831.8
2. Insumos:				
2.1 Semilla (plántones)	Unid.	2000	1.5	3000.0
2.2 Fertilizantes (80-80-60)				
- Urea	Kg.	175	0.9	157.5
- Superfosfato triple de Calcio	Kg.	175	0.8	140.0
- Cloruro de Potasio	Kg.	100	1.0	100.0

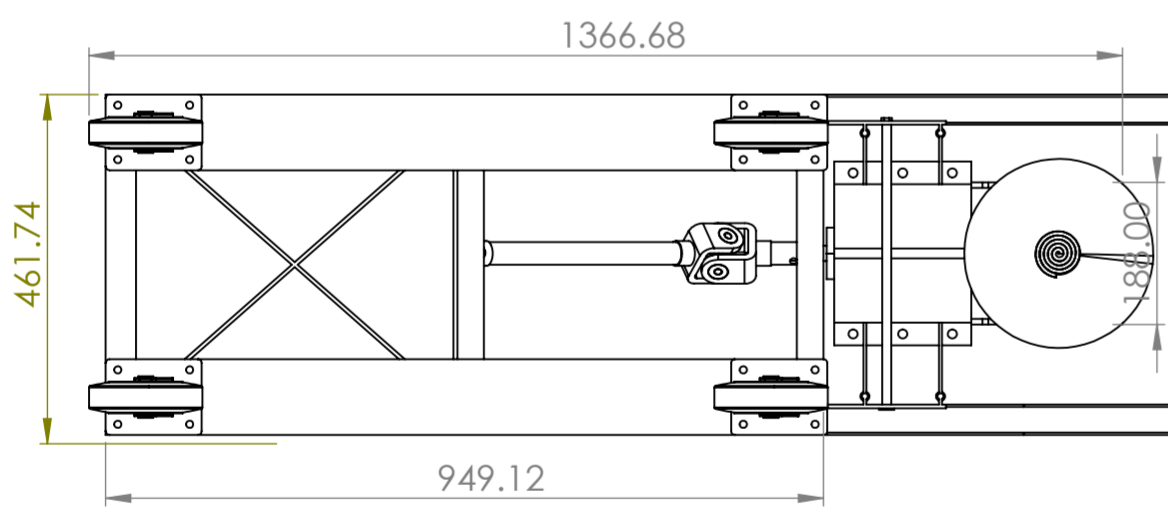
Anexo 9 – Planos de máquina perforadora multipropósito



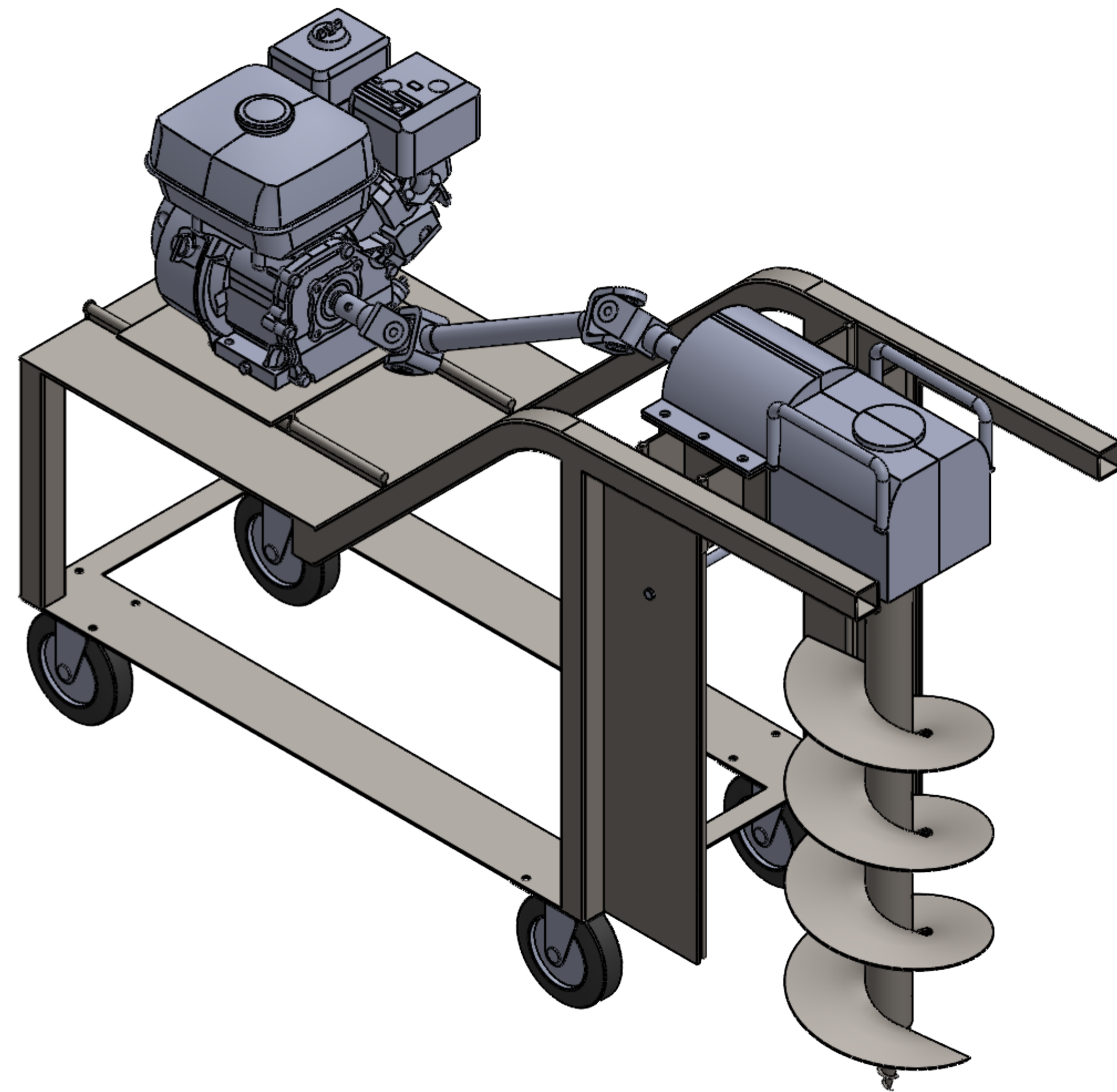
Escala 1 : 10



Escala 1 : 10




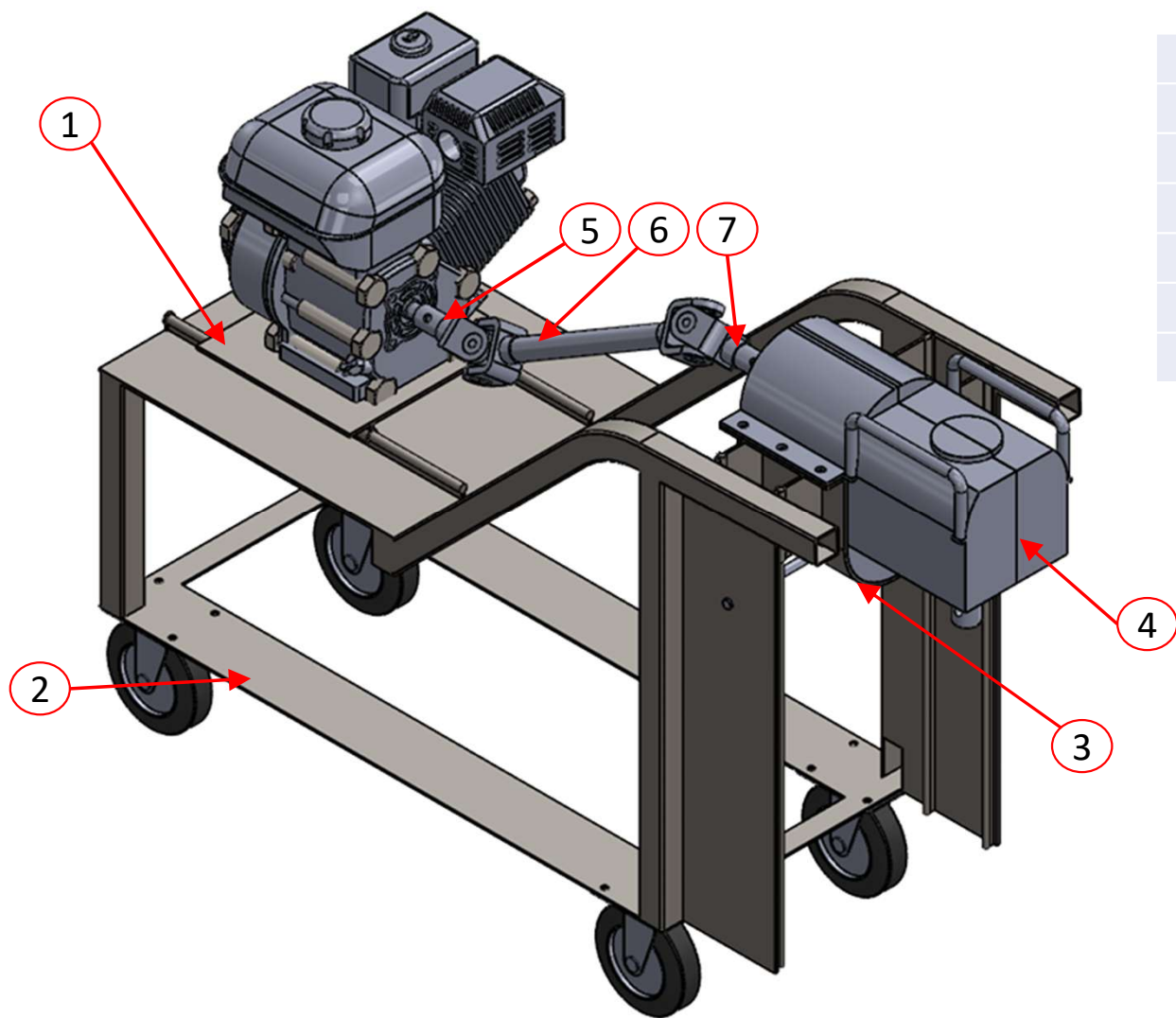
Escala 1 : 10



ESCALA 1 : 5

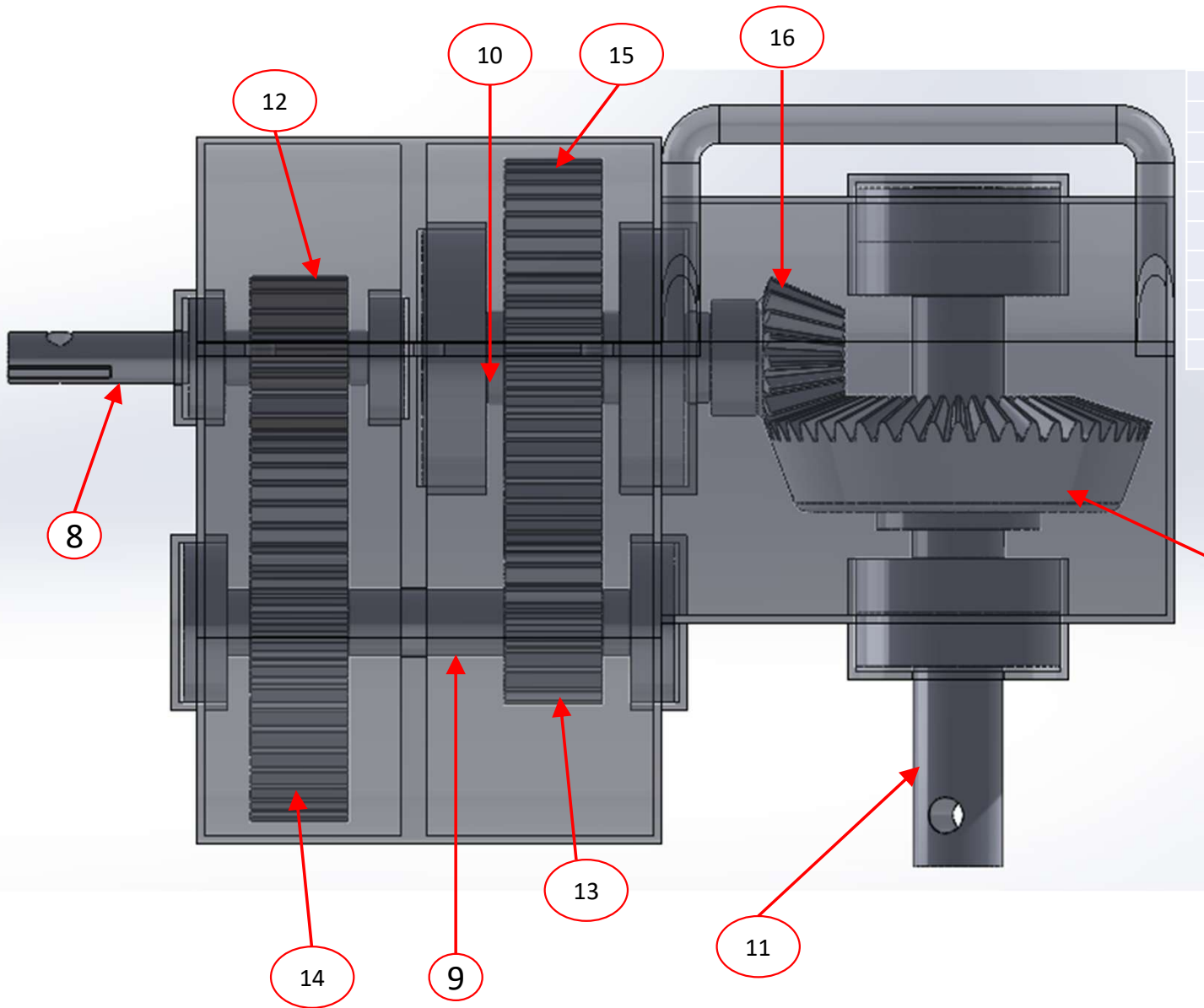
Nota:
 - Las medidas están en mm.
 - Las imágenes son referenciales.

	DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE	
9/09/2025	ENSAMBLAJE DE COMPONENTES PARA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO	
Escala: INDICADA	Dibujado por: Danner Jamil Julca León	Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra

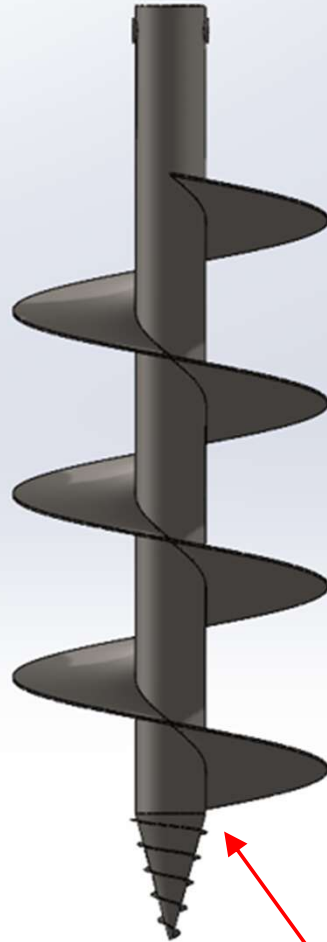
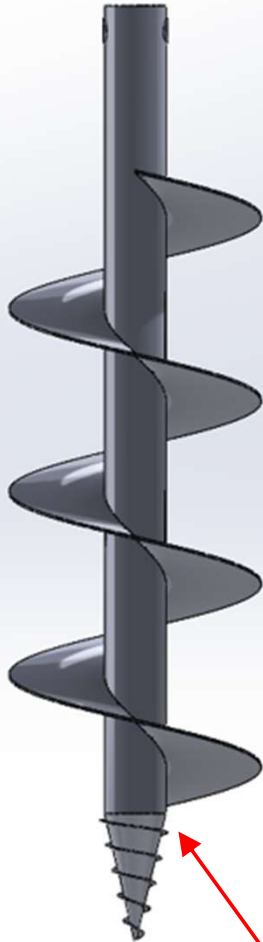
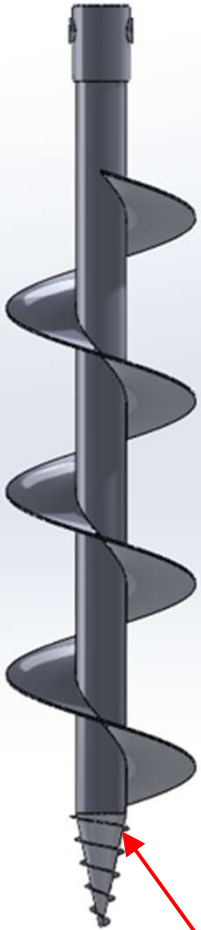


1.00	Soporte para motor (base deslizante)
2.00	Estructura soporte de maquina perforadora
3.00	Estructura deslizante para soporte de caja de transmisión
4.00	Caja para sistema de transmisión 1 y 2
5.00	Eje y cardan para motor
6.00	Eje extensor para cardan
7.00	Eje y cardan para transmisión

ESCALA 1 : 5



8.00	Eje 1 para transmisión (21 mm de diametro)
9.00	Eje 2 para transmisión (26 mm de diametro)
10.00	Eje 3 para transmisión (36 mm de diametro)
11.00	Eje 4 para transmisión (36 mm de diametro)
12.00	Piñón recto de 18 dientes (para eje 21 mm)
13.00	Piñón recto de 18 dientes (para eje 26 mm)
14.00	Engrane recto de 47 dientes (para eje 26 mm)
15.00	Engrane recto de 47 dientes (para eje 36 mm)
16.00	Piñón cónico recto de 18 dientes (para eje de 36 mm)
17.00	Engrane cónico recto de 47 dientes (para eje 36 mm)



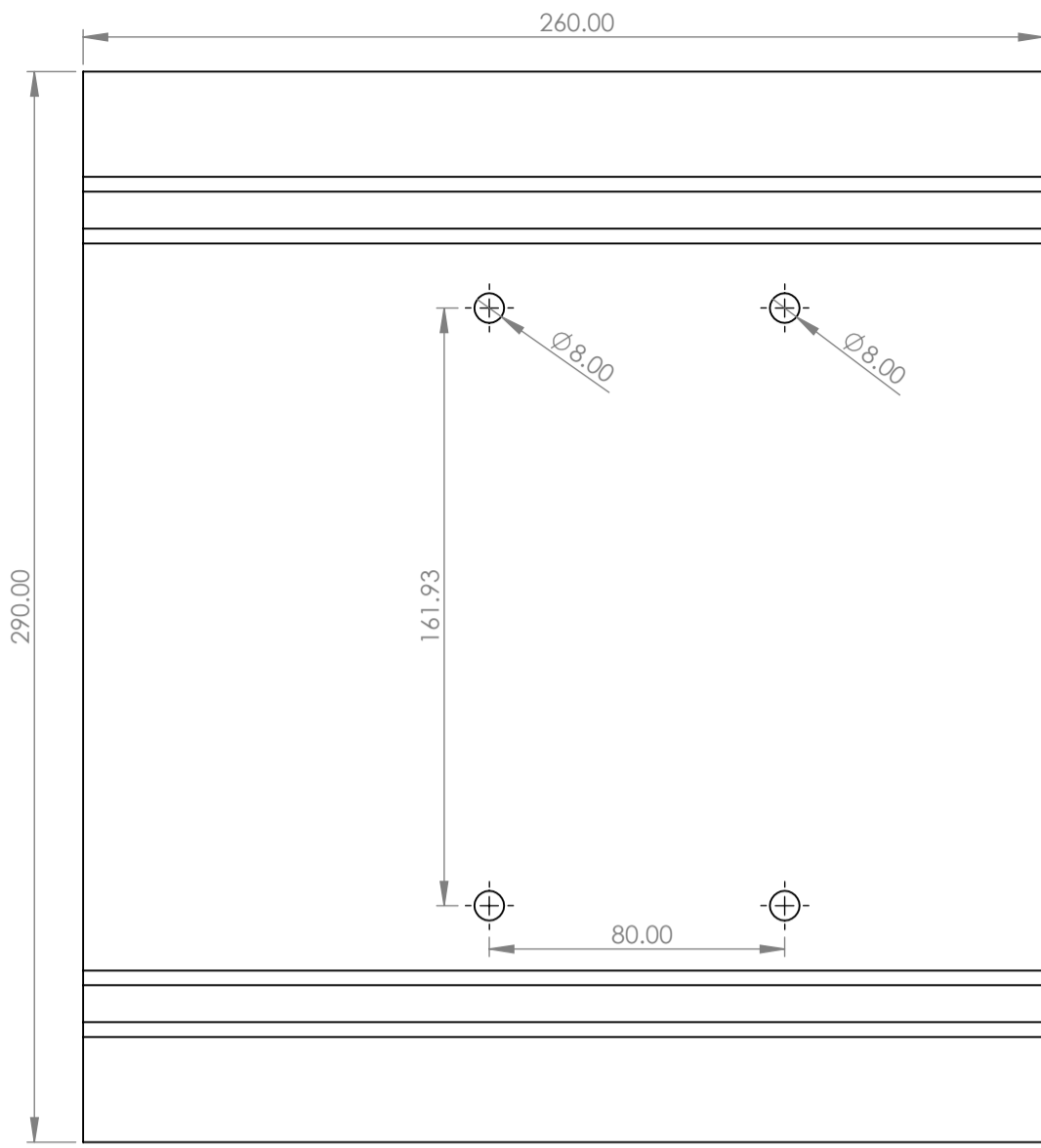
18.00	Broca de 10 cm
19.00	Broca de 15 cm
20.00	Broca de 20 cm
21.00	Broca de 25 cm
22.00	Mano de obra por ensamblaje y pruebas

11

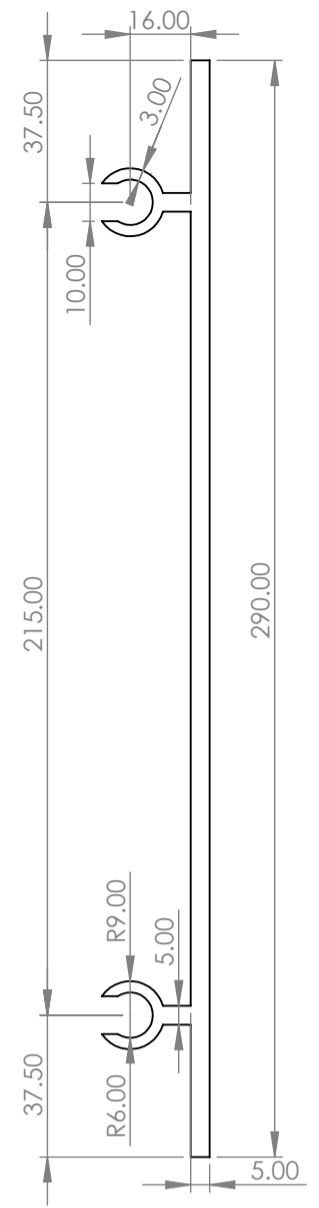
11

11

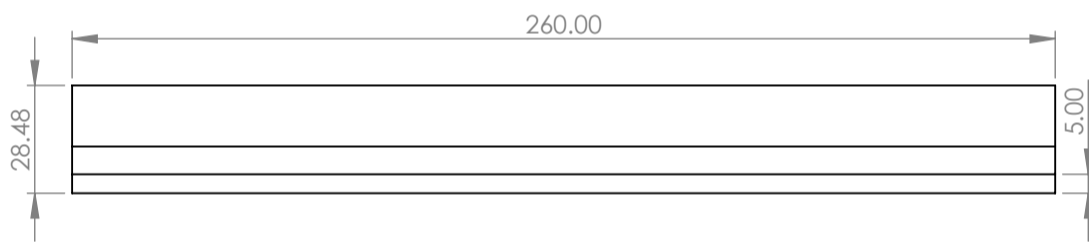
11



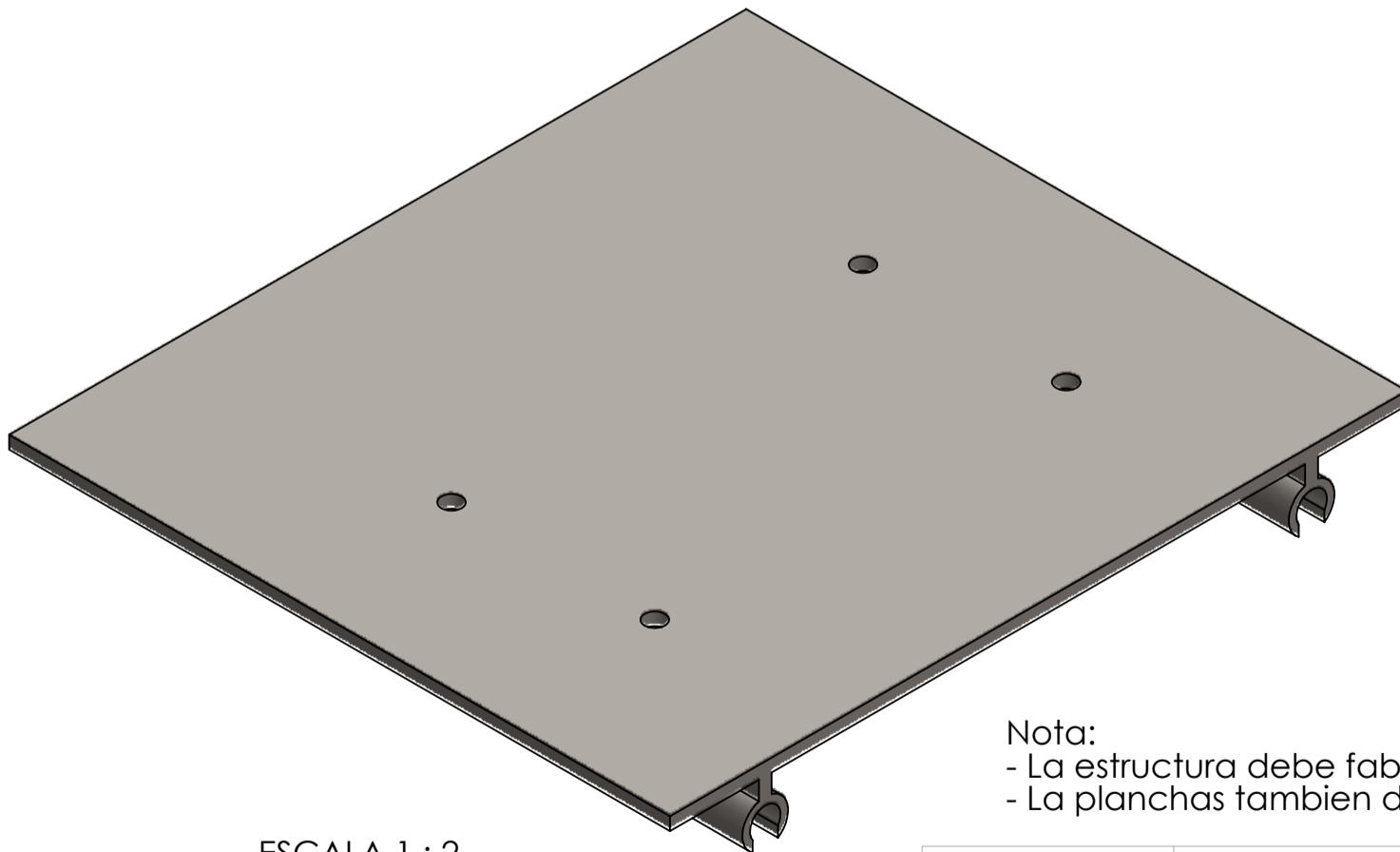
ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 2




ESCALA 1 : 2

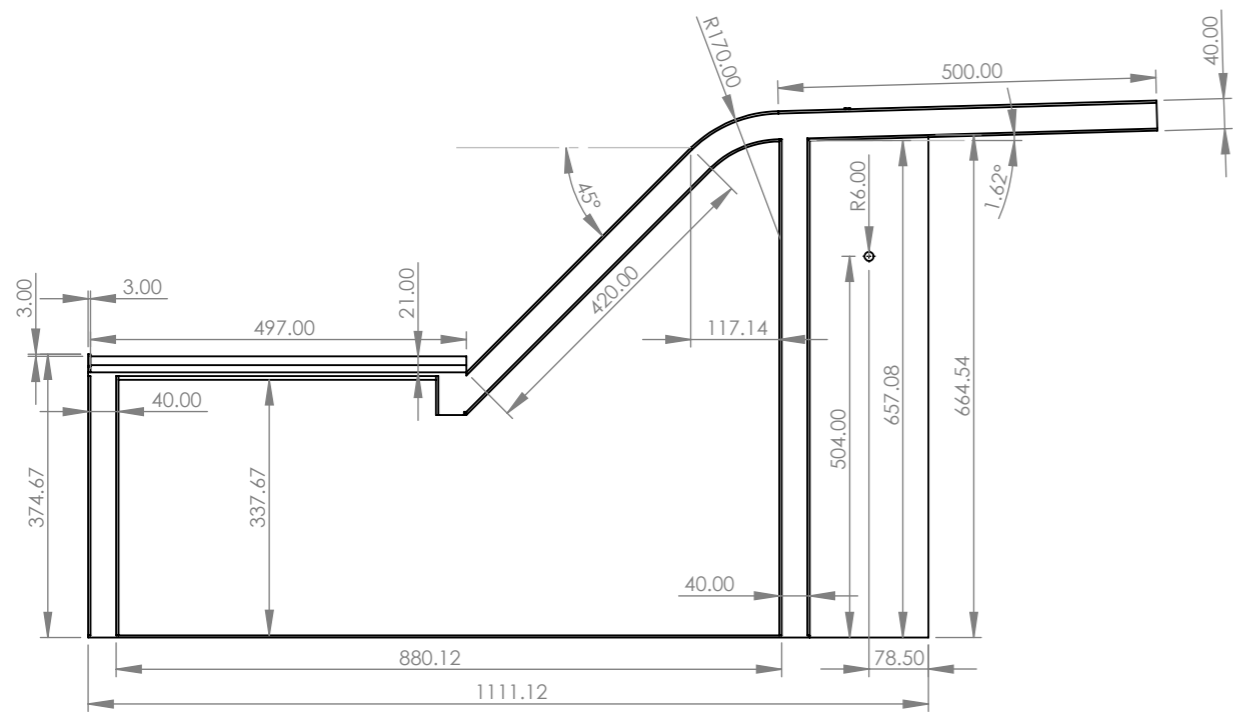


ESCALA 1 : 2

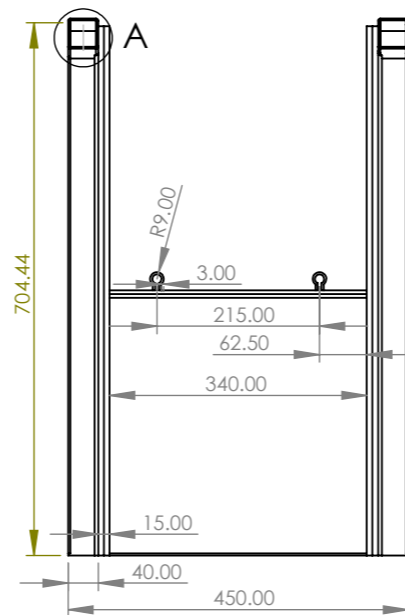
Nota:

- La estructura debe fabricarse en acero A36.
- La planchas tambien deben ser de acero estructural A36.

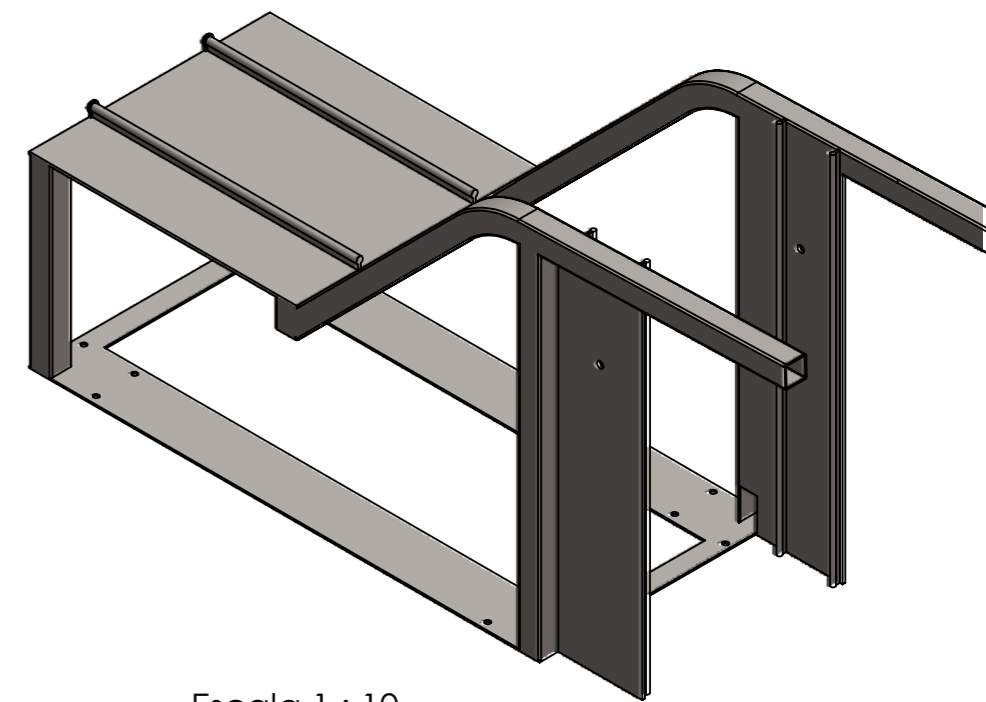
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>BASE DESLIZANTE PARA MOTOR</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



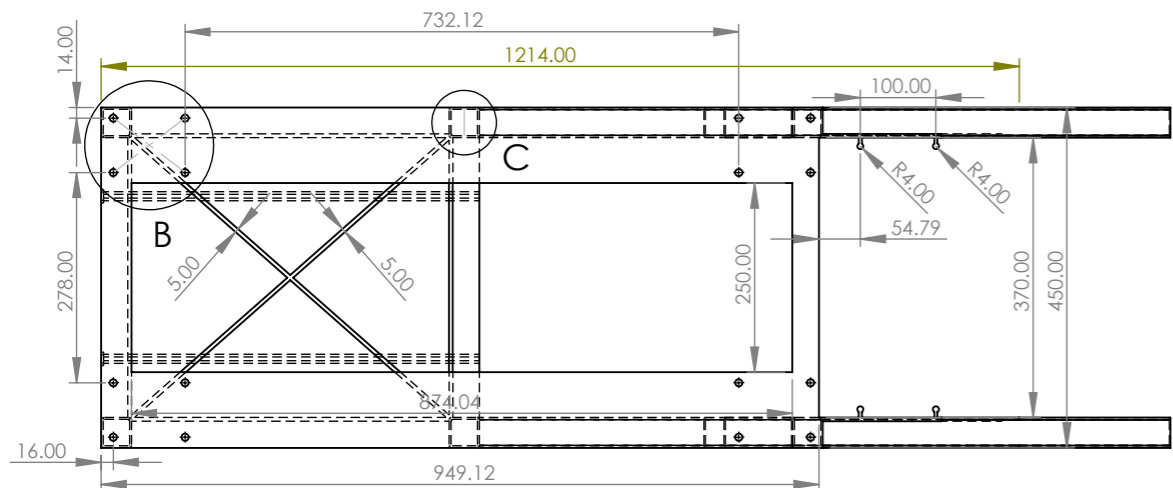
Escala 1 : 10



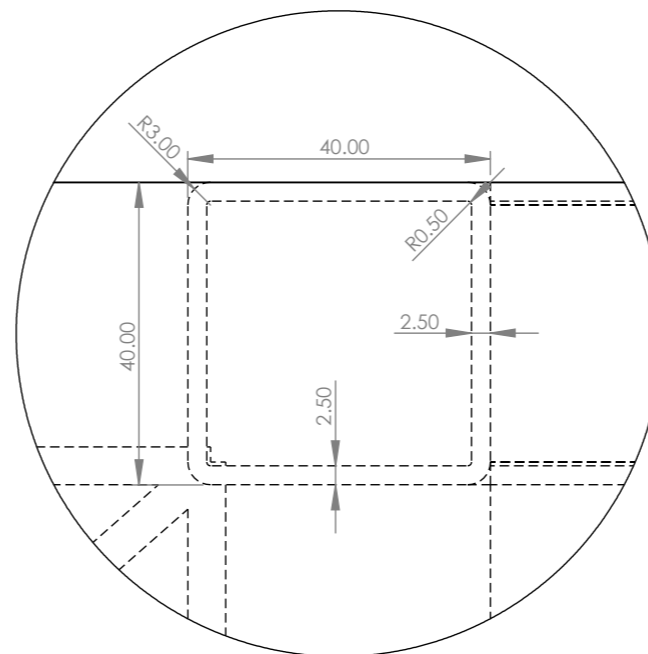
Escala 1 : 10



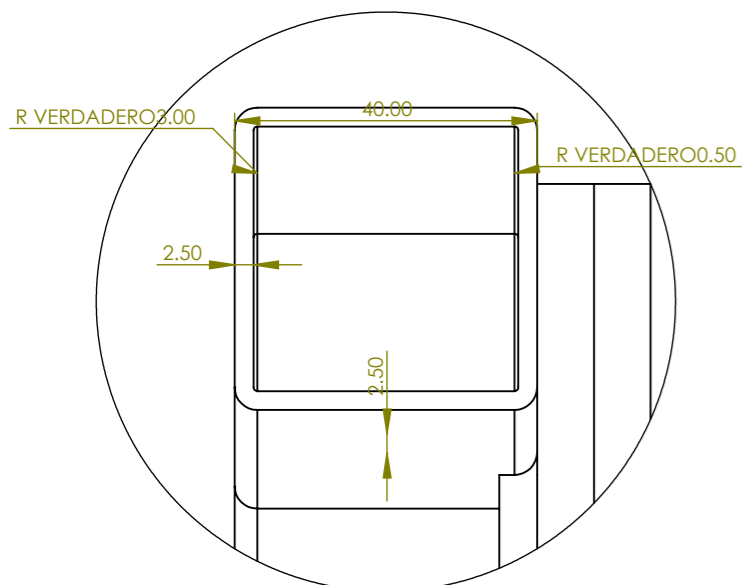
Escala 1 : 10



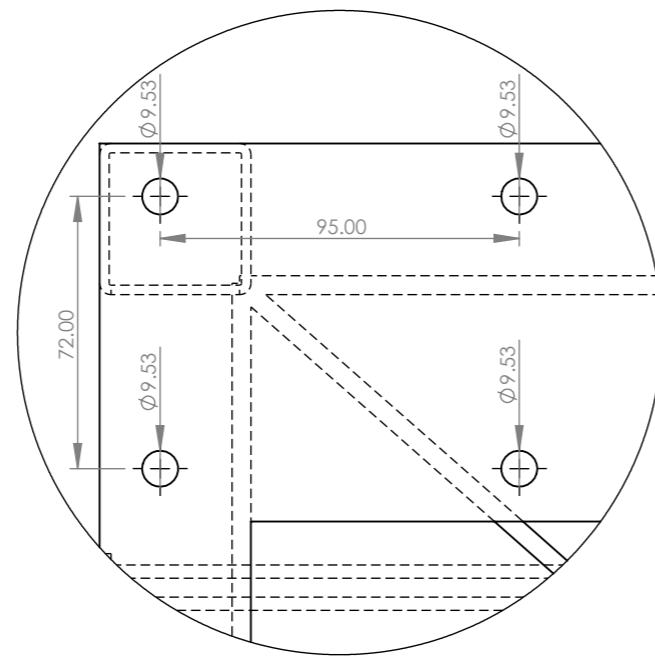
Escala 1 : 10



DETALLE C
ESCALA 1 : 1



DETALLE A
ESCALA 1 : 1



DETALLE B
ESCALA 1 : 2

Nota:

- La estructura debe fabricarse en acero A36.
- Es necesario emplear tubo cuadrado de 40mmx40mmx2.5mm en el material indicado.
- La planchas tambien deben ser de acero estructural A36.



DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA
MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD
AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE

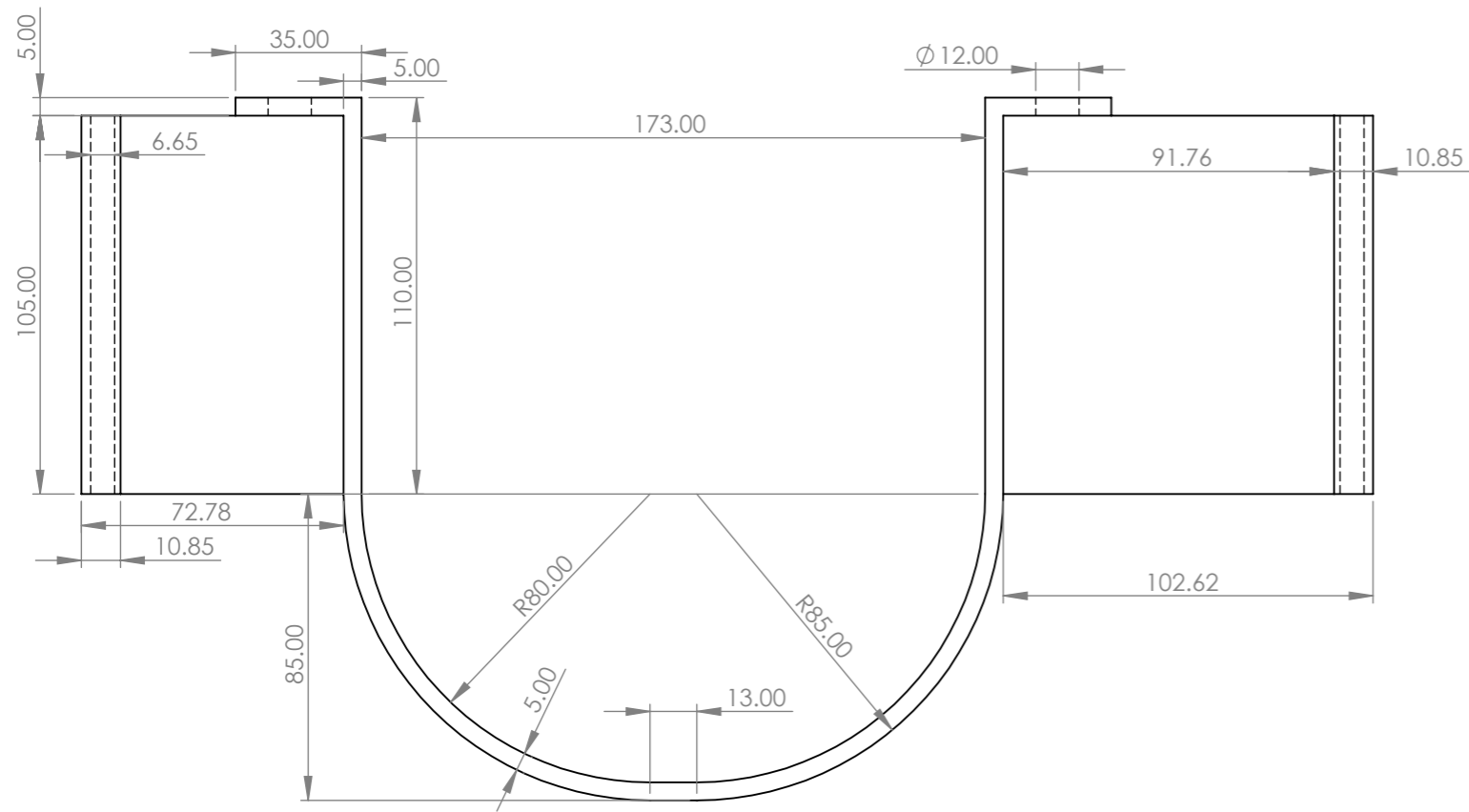
9/09/2025

BASE PARA MOTOR Y SISTEMA DE PERFORADORA

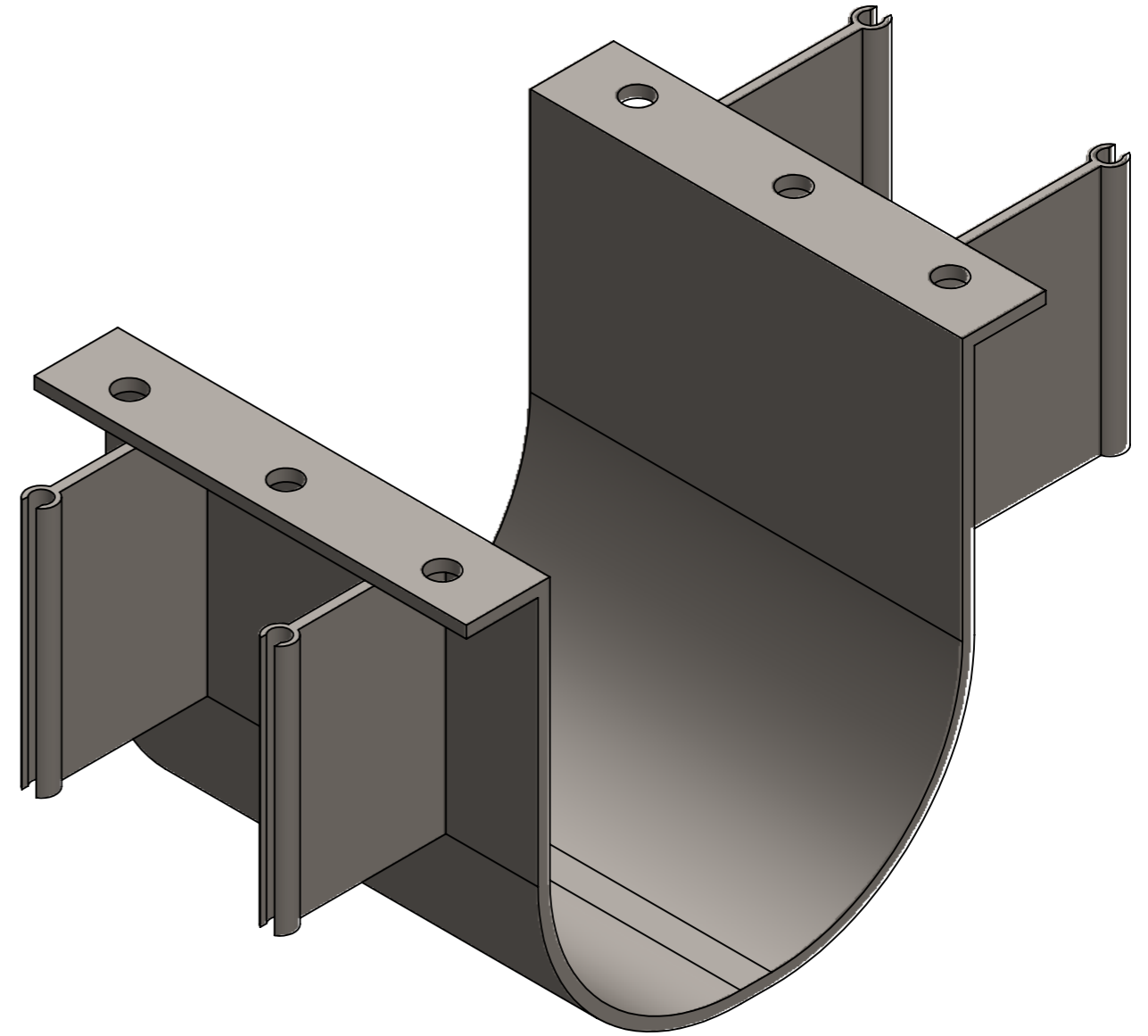
Escala:
INDICADA

Dibujado por:
Danner Jamil Julca León

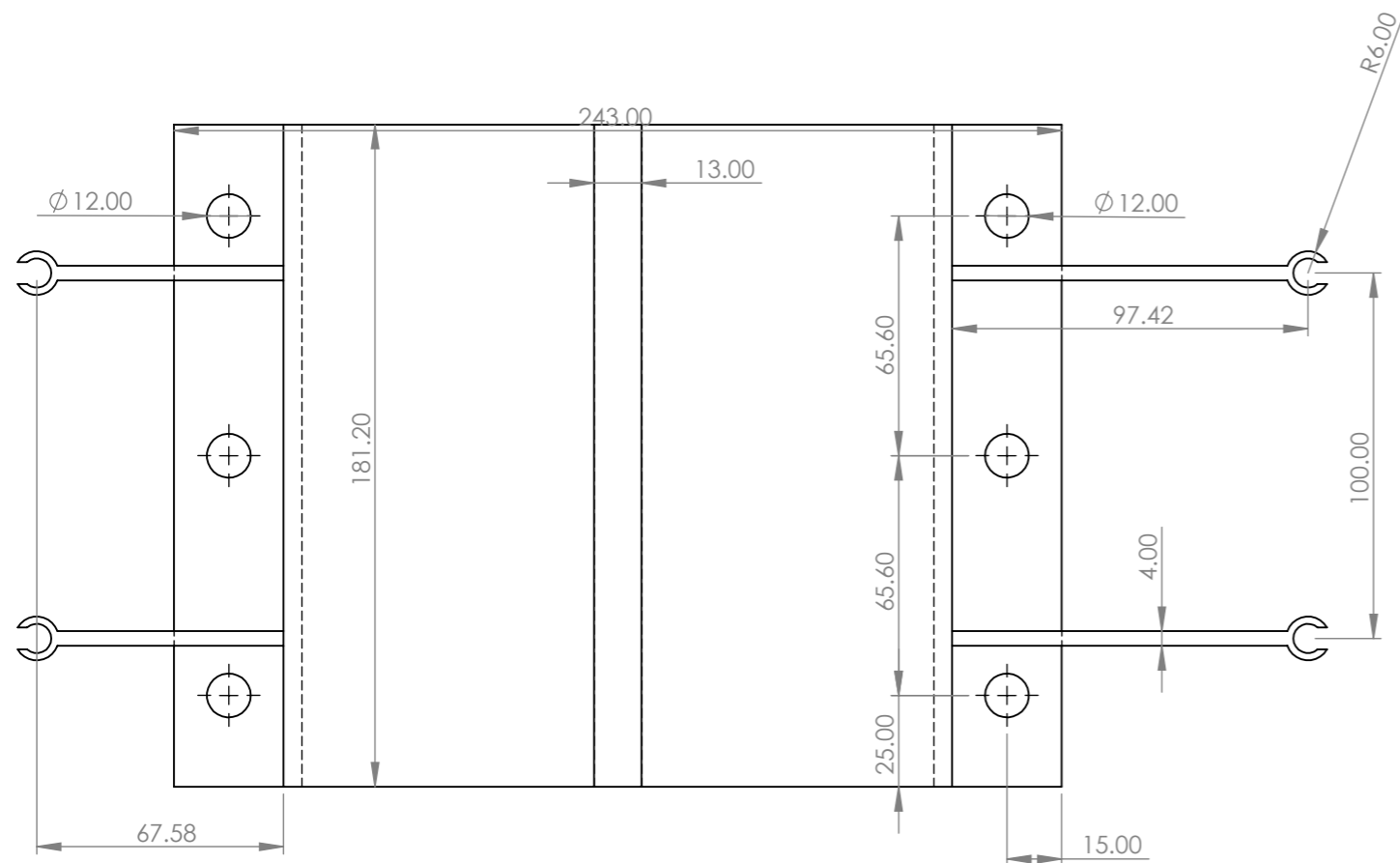
Asesor:
Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra



ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 2

Nota:

- La estructura debe fabricarse en acero A36.
- La planchas tambien deben ser de acero estructural A36.



DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA
MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD
AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE

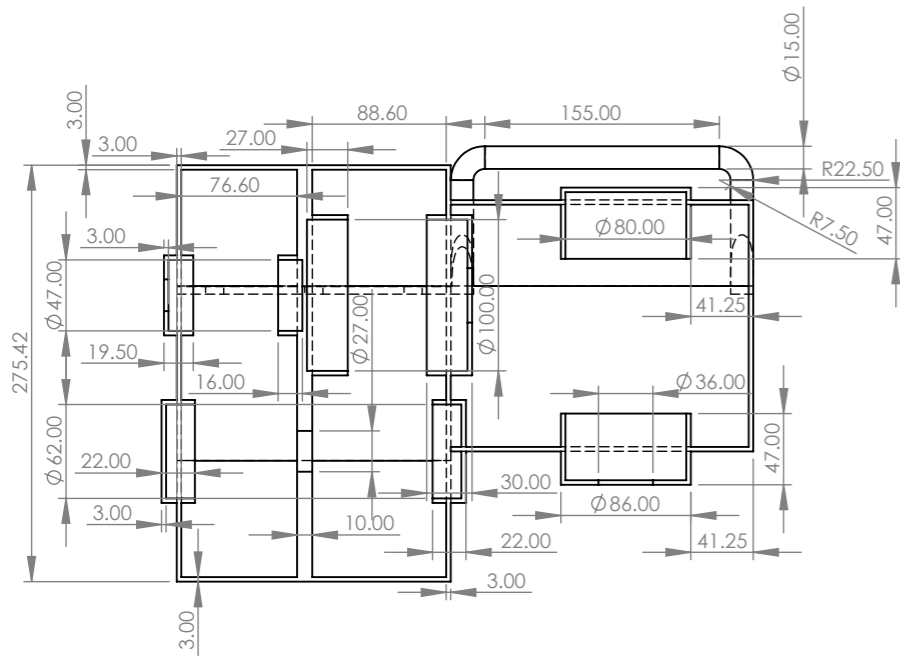
9/09/2025

BASE DE SOPORTE PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN

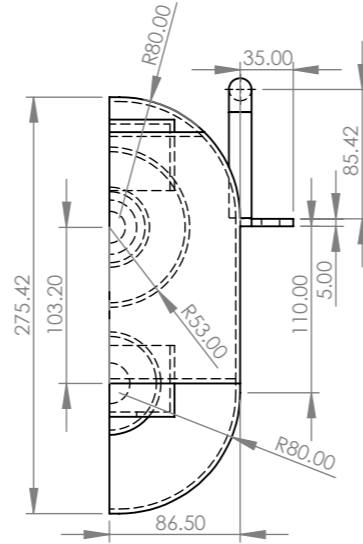
Escala:
INDICADA

Dibujado por:
Danner Jamil Julca León

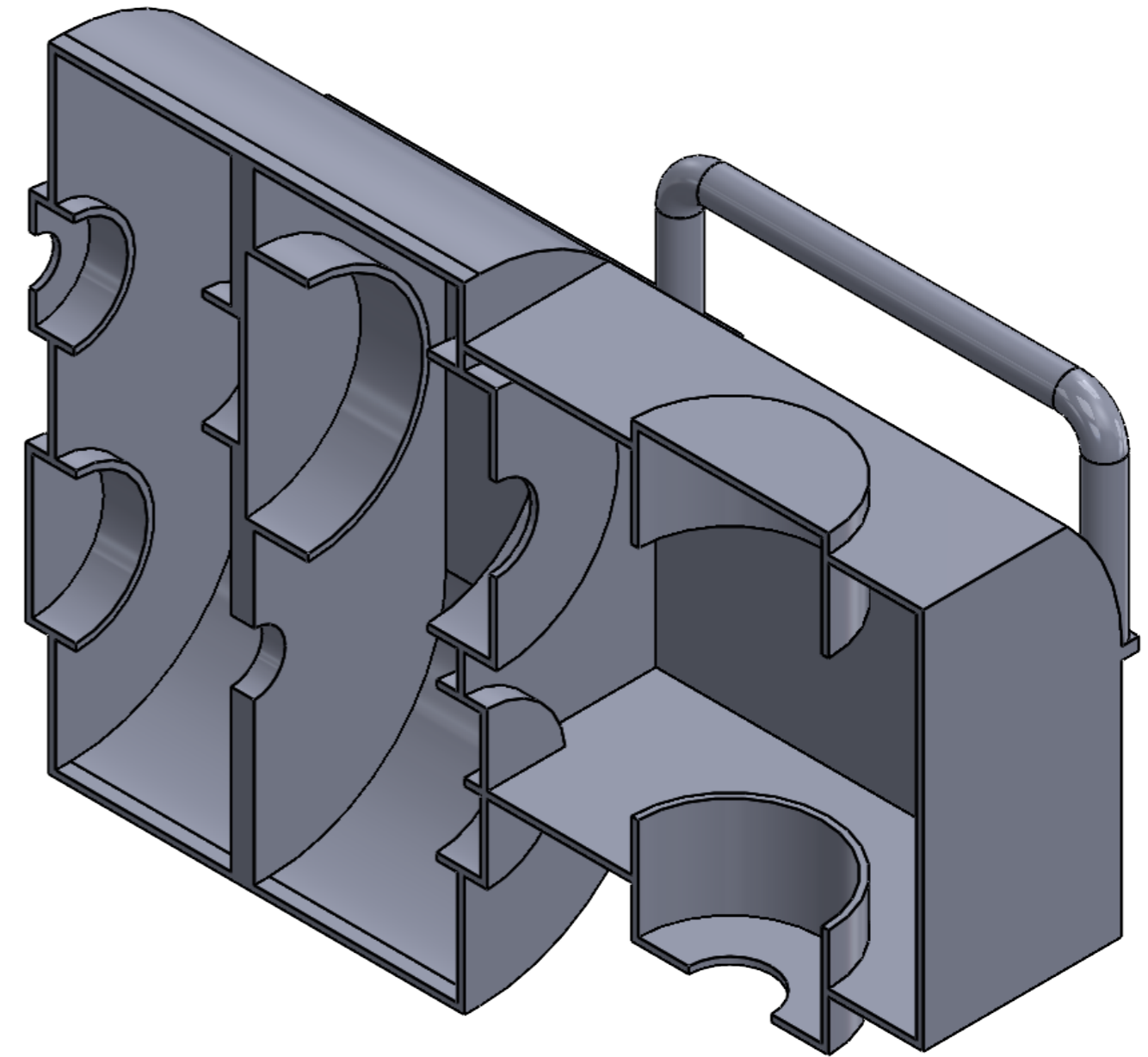
Asesor:
Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra



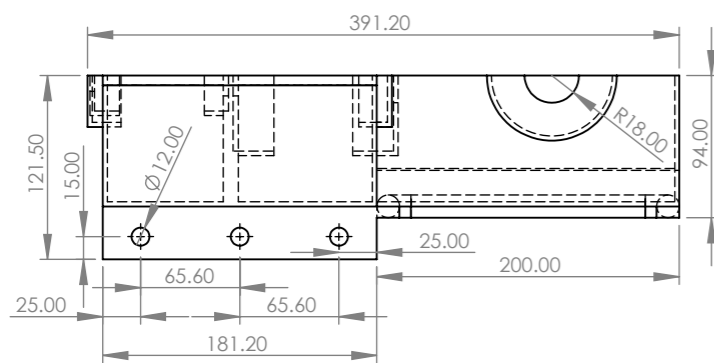
Escala 1 : 5



Escala 1 : 5




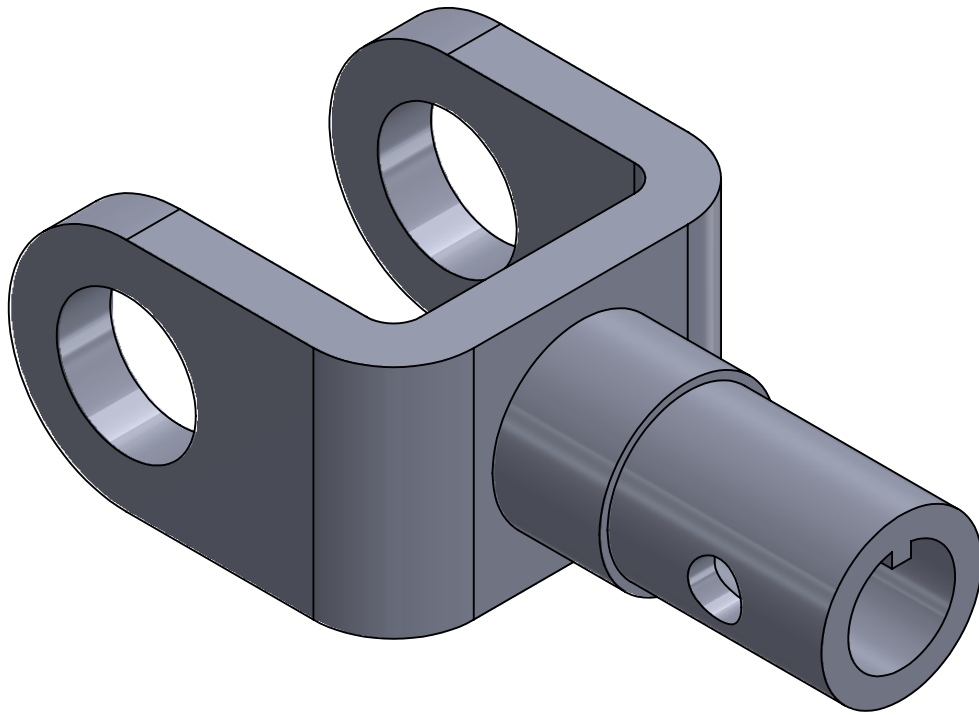
ESCALA 1 : 2



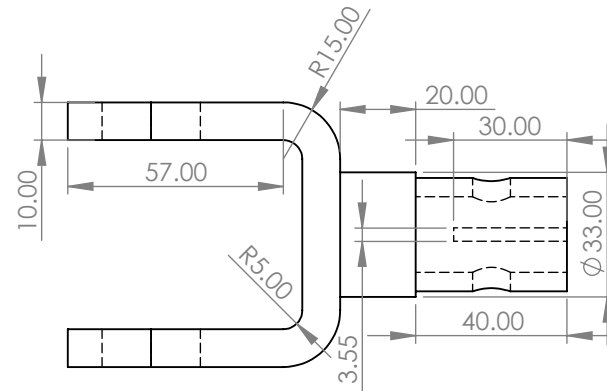
Escala 1 : 5

Nota:
 - La estructura debe fabricarse en acero A36.
 - La planchas tambien deben ser de acero estructural A36, considerando los espesores indicados.

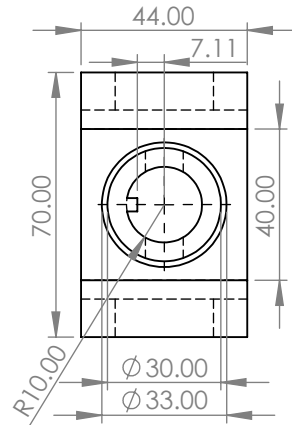
	DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE	
9/09/2025	CAJA DE TRANSMISIÓN PARA PERFORADORA PARTE 1 y 2	
Escala: INDICADA	Dibujado por: Danner Jamil Julca León	Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra



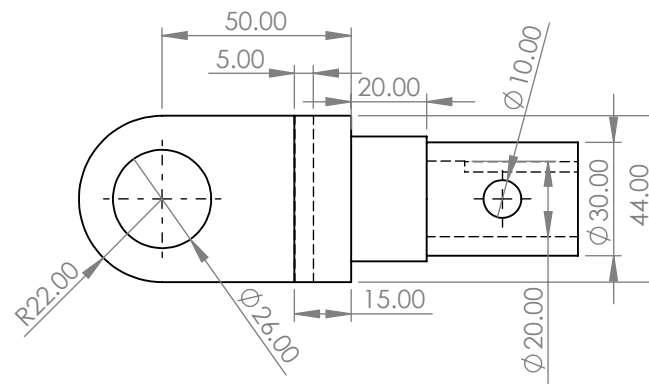
ESCALA 1 : 1



Escala 1 : 2




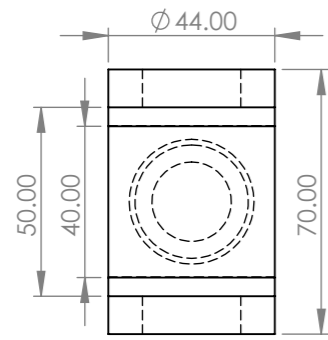
Escala 1 : 2



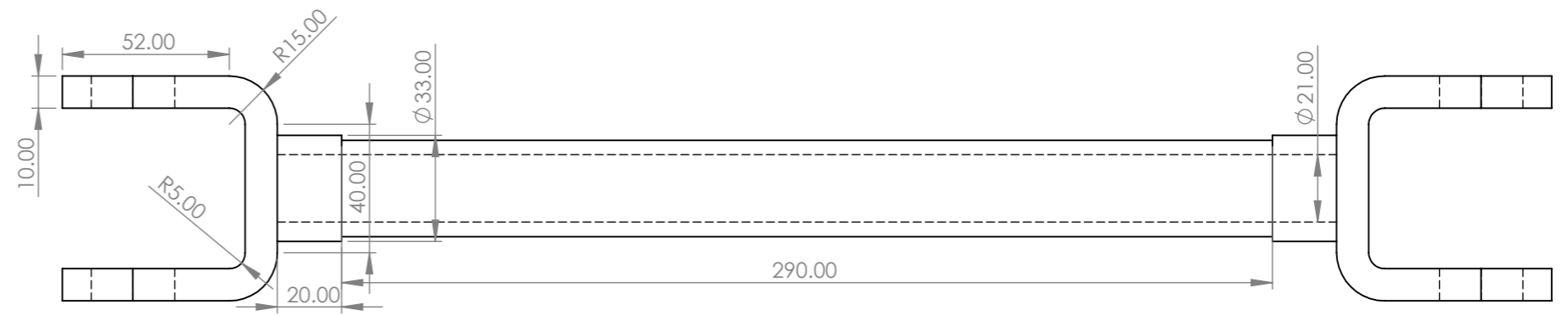
Escala 1 : 2

- Nota:
- La estructura debe fabricarse en acero AISI 1045 estirado en frío.
 - La planchas tambien deben ser del acero mencionado.
 - Las medidas están en mm.

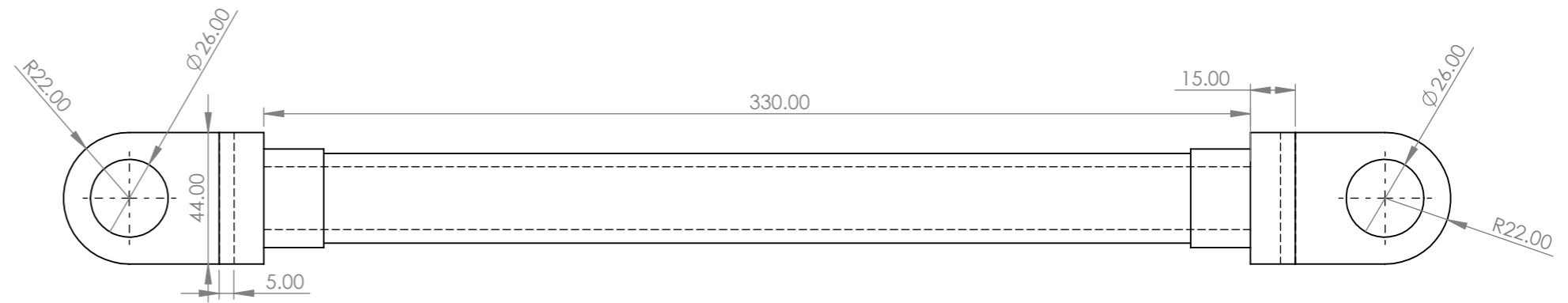
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>CARDAN PARA ACOPLER CON EJE DE MOTOR</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



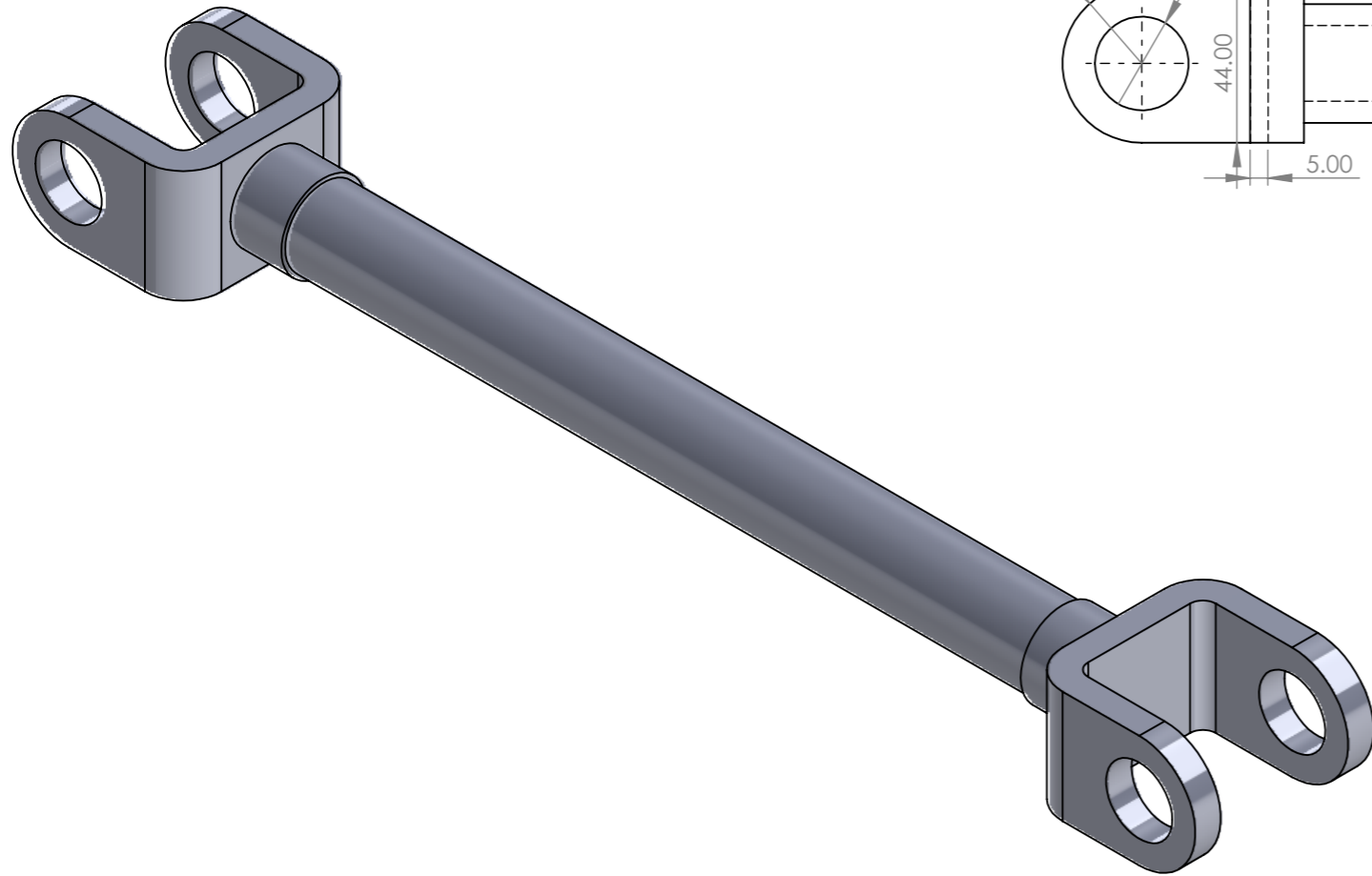
ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 2




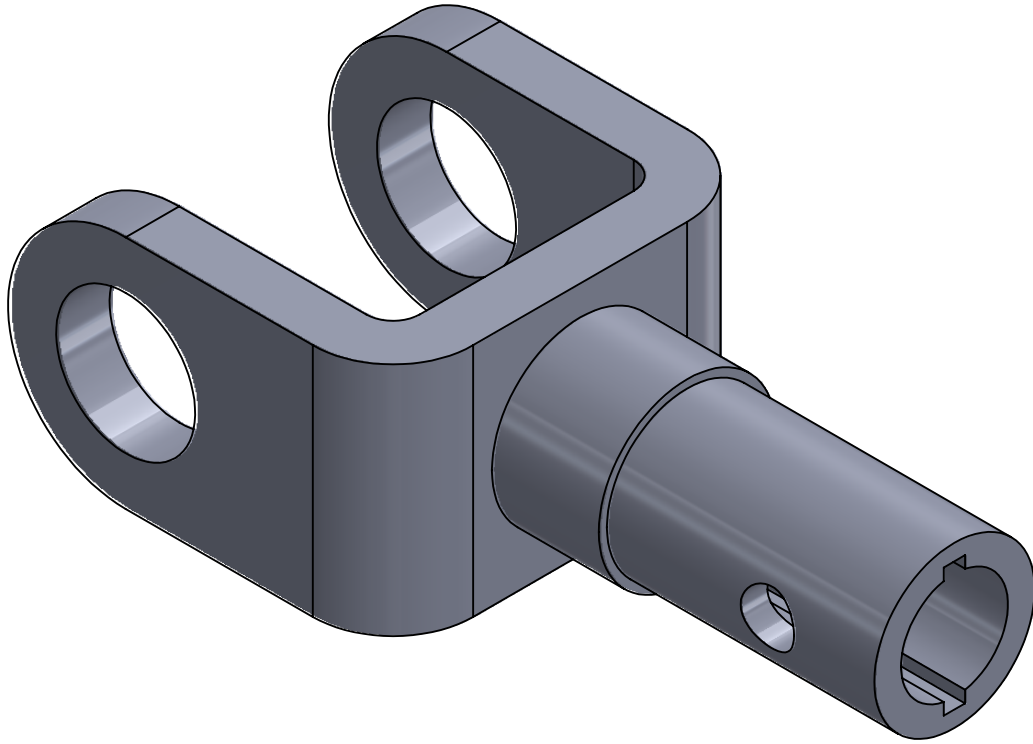
ESCALA 1 : 2



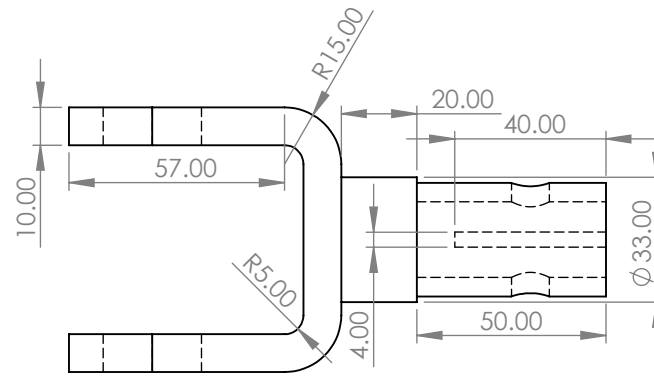
ESCALA 1 : 2

- Nota:
- La estructura debe fabricarse en acero AISI 1045 estirado en frío.
 - La planchas tambien deben ser del acero mencionado.
 - Las medidas están en mm.

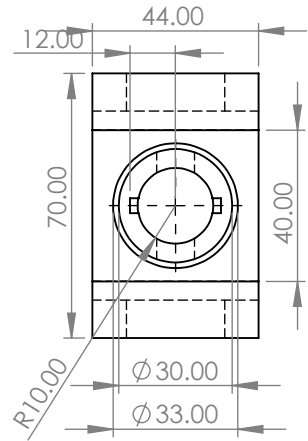
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>BRAZO EXTENSOR DE CARDAN</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



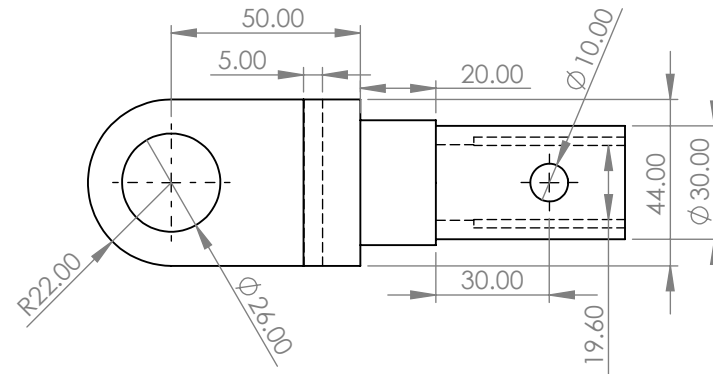
ESCALA 1 : 1



Escala 1 : 2




Escala 1 : 2

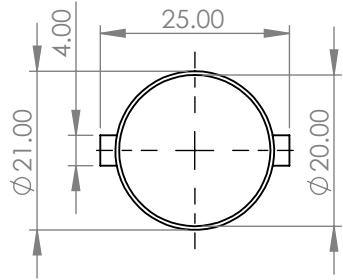


Escala 1 : 2

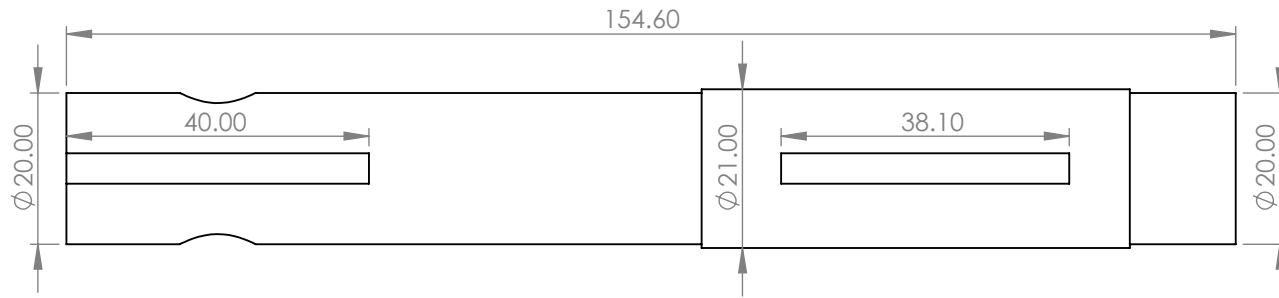
Nota:

- La estructura debe fabricarse en acero AISI 1045 estirado en frío.
- La planchas tambien deben ser del acero mencionado.
- Las medidas están en mm.

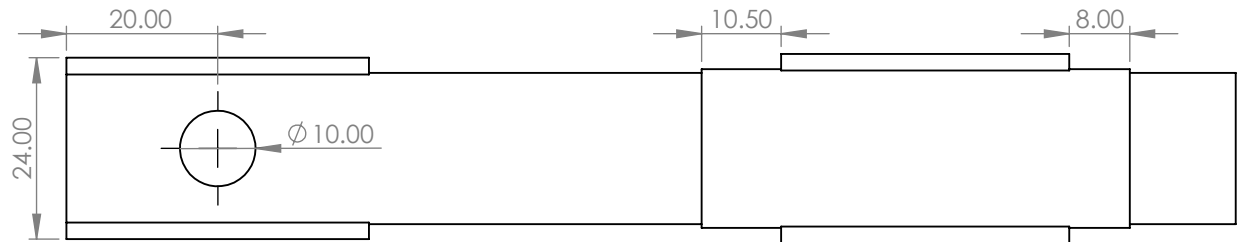
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>CARDAN PARA ACOPLER DE EJE DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



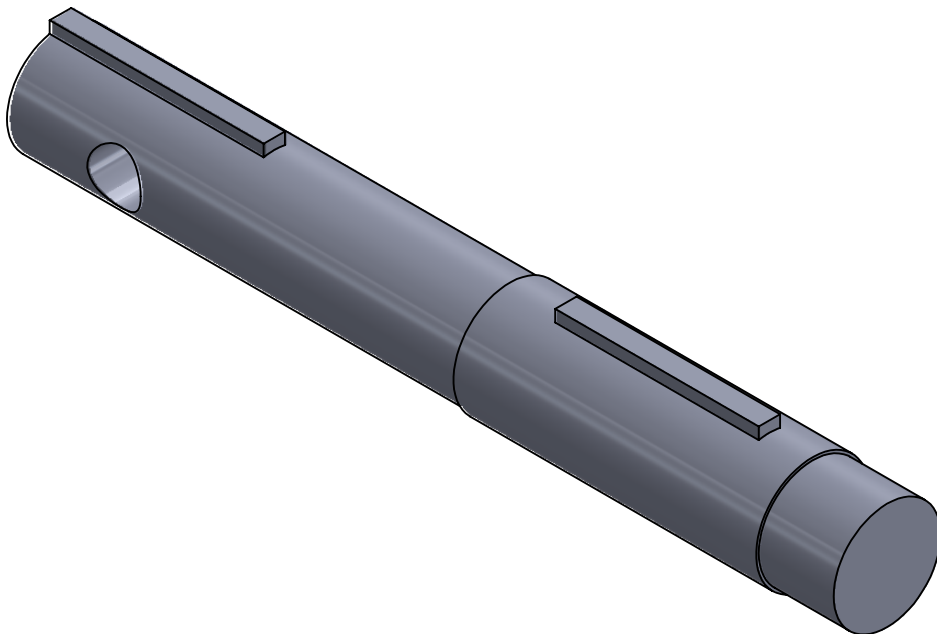
ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1

Nota:

- El eje debe fabricarse en acero AISI 4140 grado 2, según los cálculos realizados o AISI 4340 normalizado.
- Las medidas están en mm.



DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA
MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD
AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE

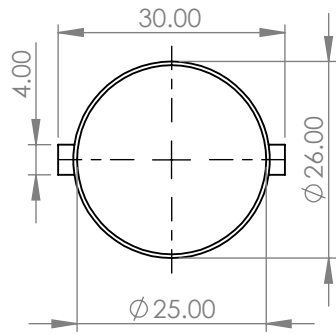
9/09/2025

EJE 1 PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN

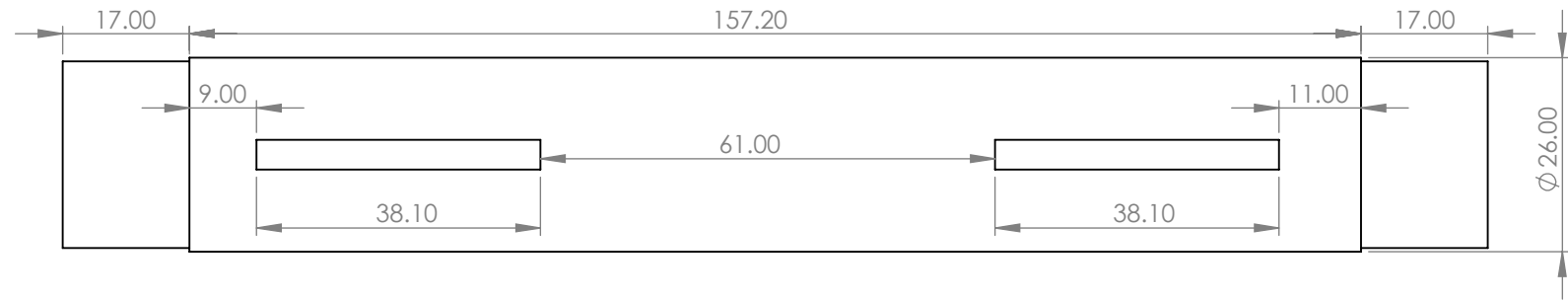
Escala:
INDICADA

Dibujado por:
Danner Jamil Julca León

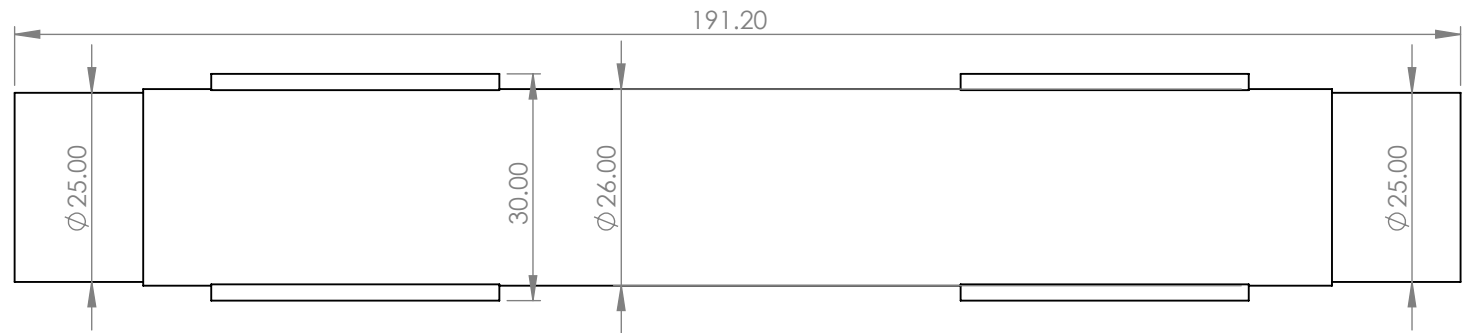
Asesor:
Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra



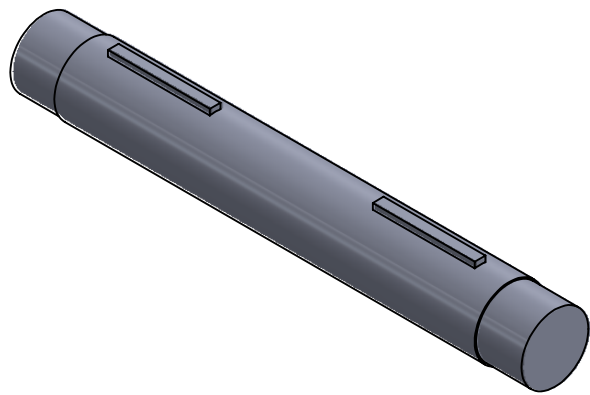
ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1




ESCALA 1 : 1

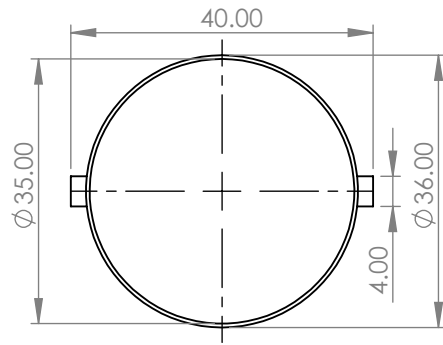


Escala 1 : 2

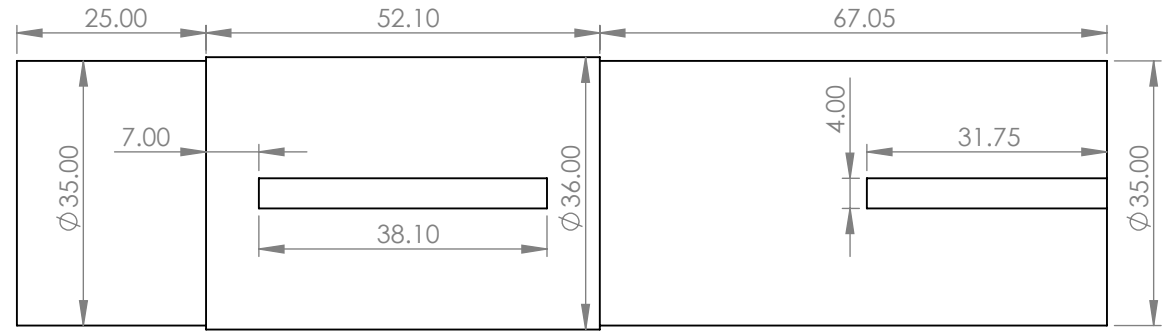
Nota:

- El eje debe fabricarse en acero AISI 4140 grado 2, según los cálculos realizados o AISI 4340 normalizado.
- Las medidas están en mm.

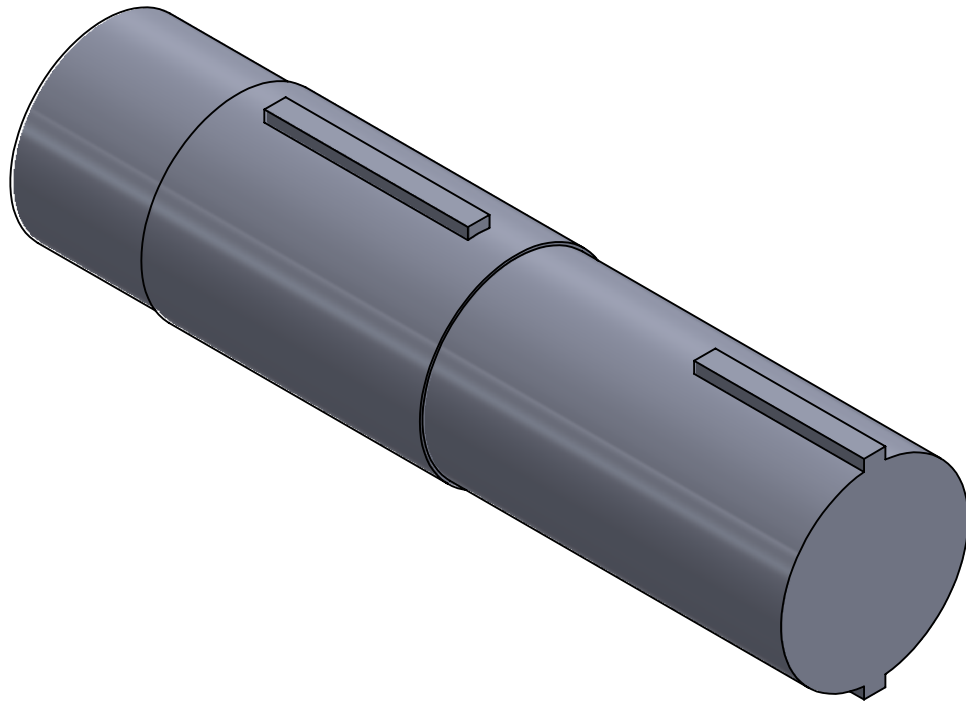
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>EJE 2 PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



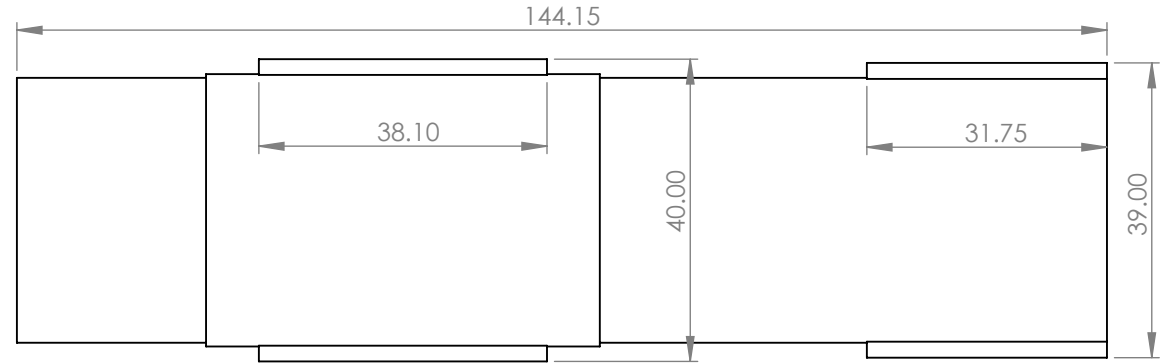
ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1

Nota:
 - El eje debe fabricarse en acero AISI 4140 grado 2, según los cálculos realizados o AISI 4340 normalizado.
 - Las medidas están en mm.



DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA
 MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD
 AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE

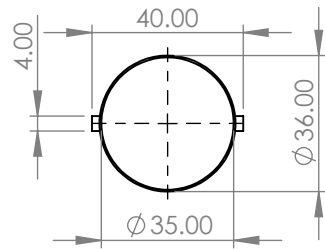
9/09/2025

EJE 3 PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN

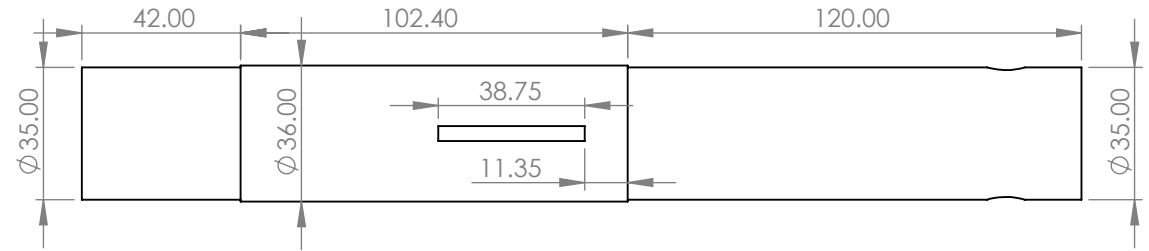
Escala:
 INDICADA

Dibujado por:
 Danner Jamil Julca León

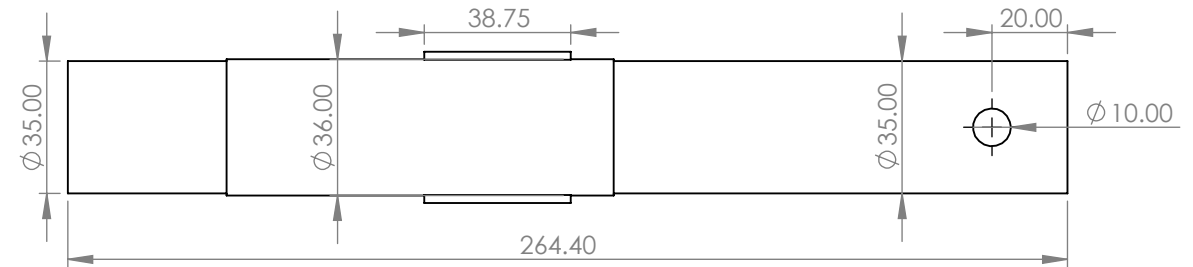
Asesor:
 Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra



Escala 1 : 2



Escala 1 : 2




Escala 1 : 2

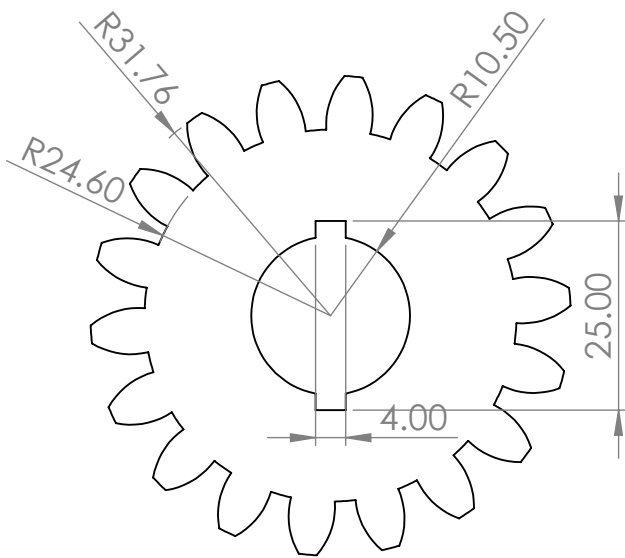


Escala 1 : 2

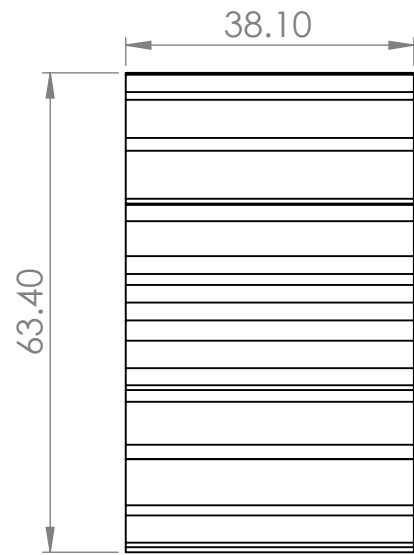
Nota:

- El eje debe fabricarse en acero AISI 4140 grado 2, según los cálculos realizados o AISI 4340 normalizado.
- Las medidas están en mm.

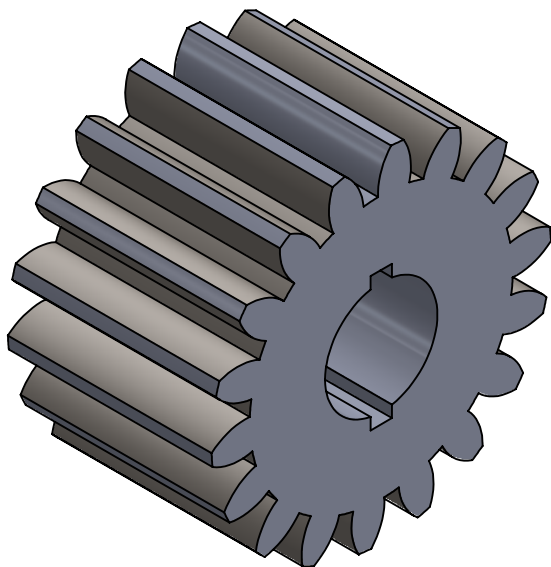
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>EJE 4 PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



Escala 1 : 1




Escala 1 : 1

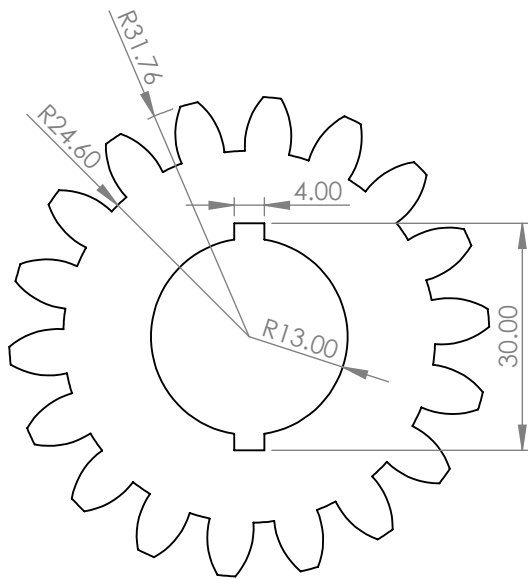


Escala 1 : 1

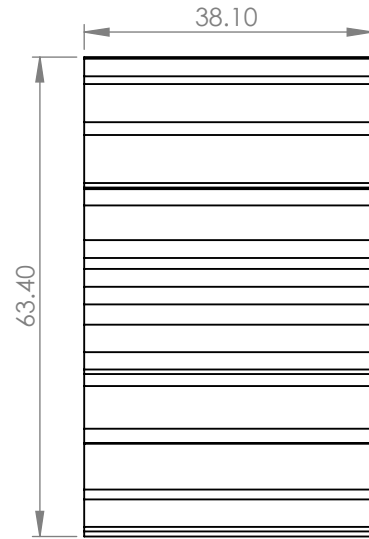
Nota:

- Los engranajes deben fabricarse en acero AISI 4140 grado 2 o acero AISI 4340 normalizado.
- Revisar los cálculos para mayores detalles.
- Las medidas están en mm.

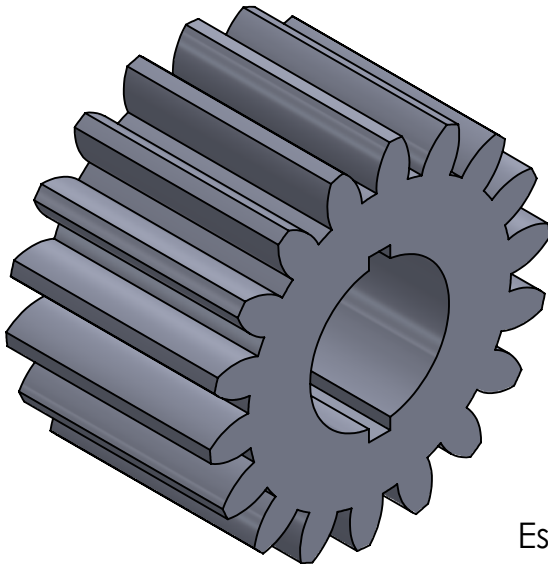
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>PIÑÓN DE 18 DIENTES RECTOS Y EJE INTERIOR DE 21 mm</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



Escala 1 : 1




Escala 1 : 1

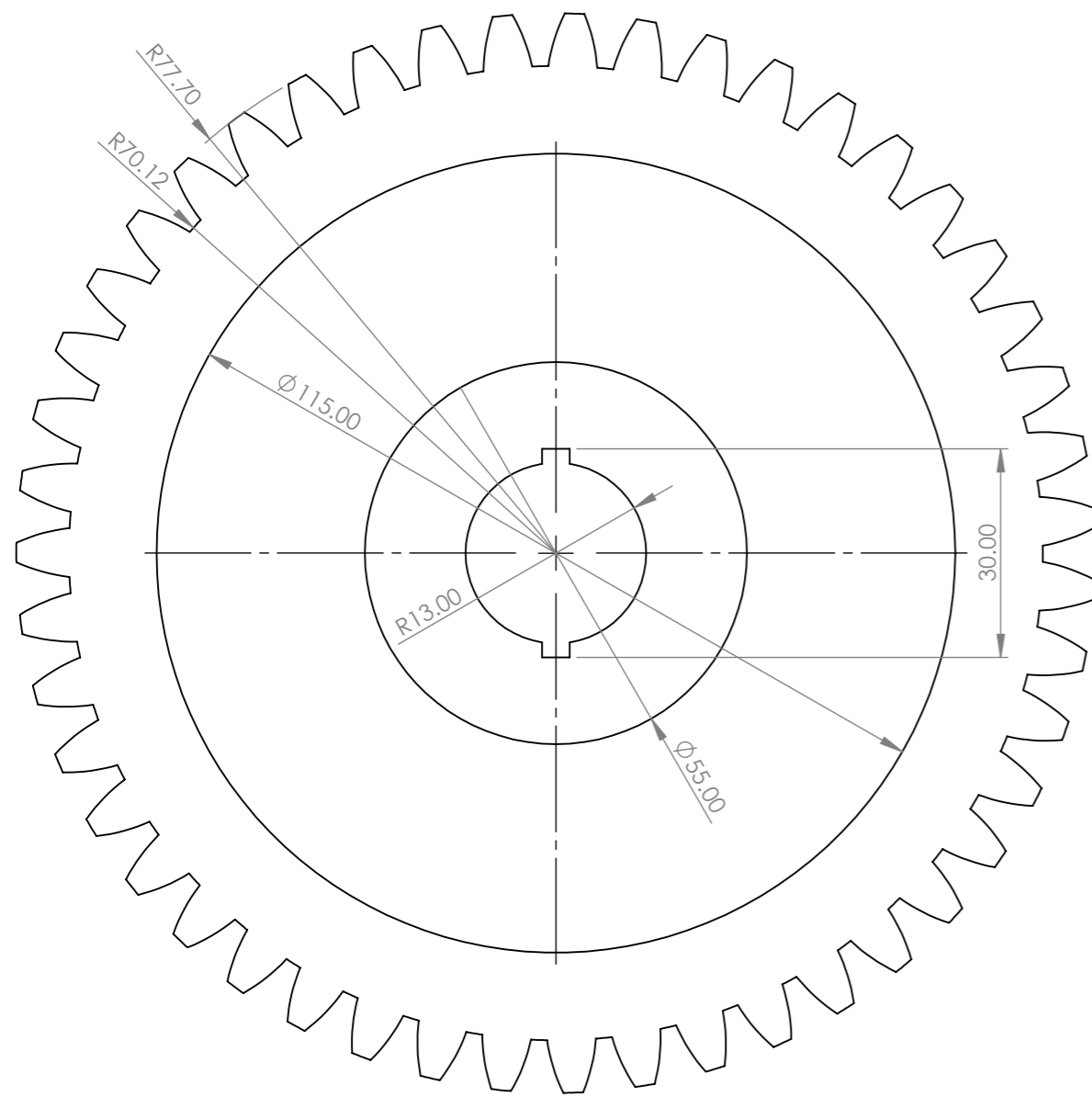


Escala 1 : 1

Nota:

- Los engranajes deben fabricarse en acero AISI 4140 grado 2 o acero AISI 4340 normalizado.
- Revisar los cálculos para mayores detalles.
- Las medidas están en mm.

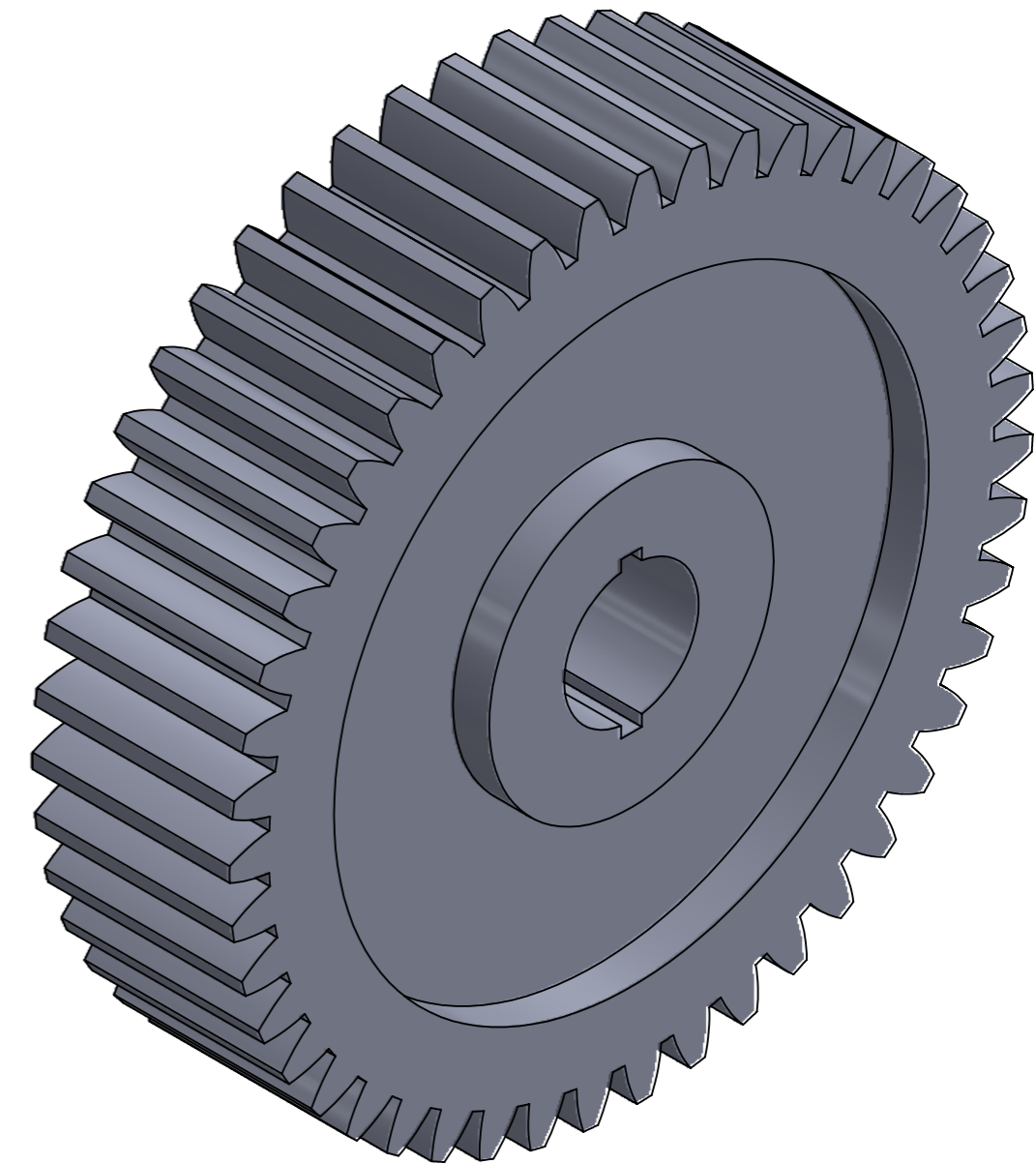
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>PIÑÓN DE 18 DIENTES RECTOS Y EJE INTERIOR DE 26 mm</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1

Nota:

- Los engranajes deben fabricarse en acero AISI 4140 grado 2 o acero AISI 4340 normalizado.
- Revisar los cálculos para mayores detalles.
- Las medidas están en mm.



DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA
MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD
AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE

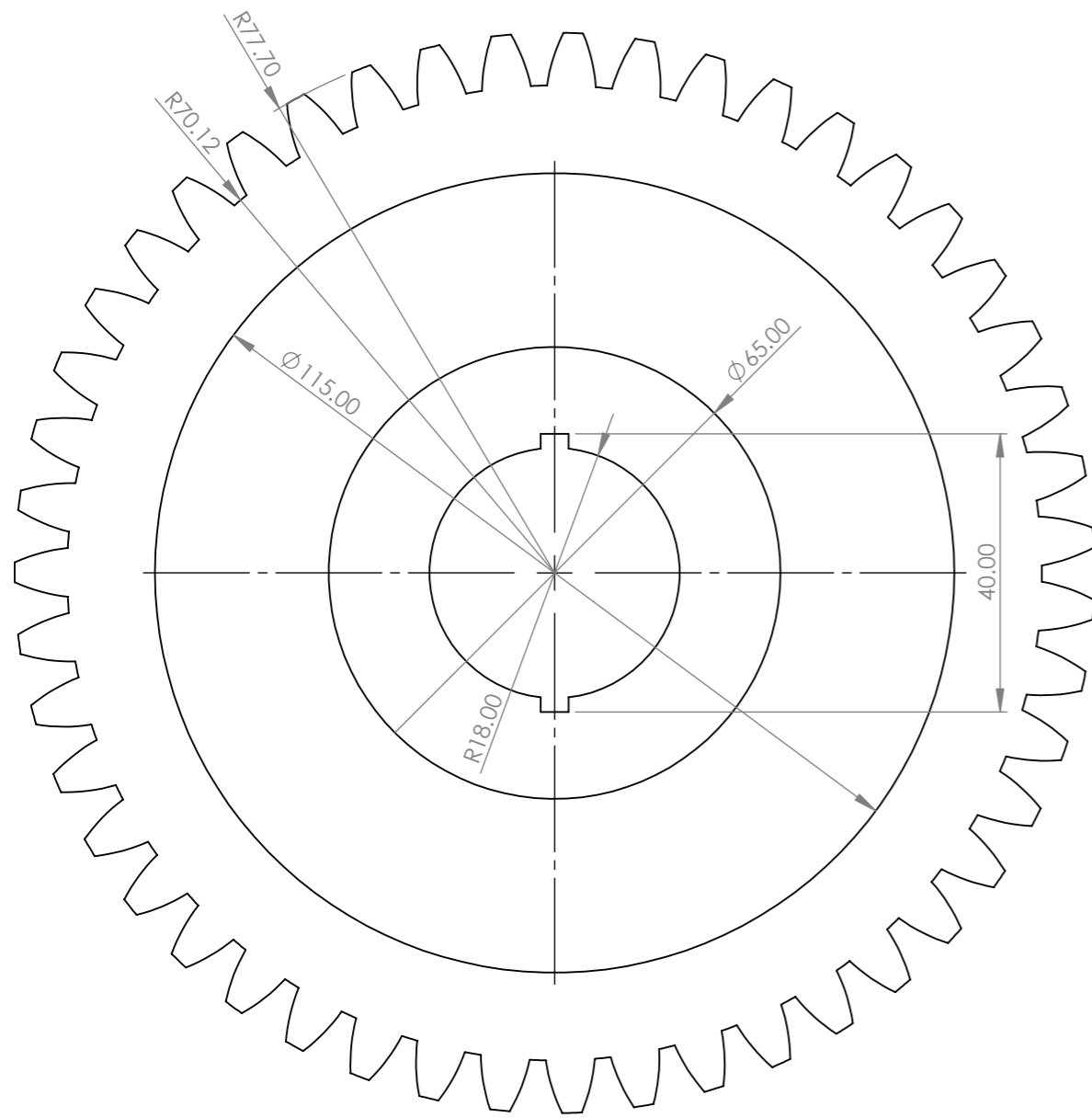
9/09/2025

ENGRANAJE DE 47 DIENTES RECTOS Y EJE
INTERIOR DE 26 mm

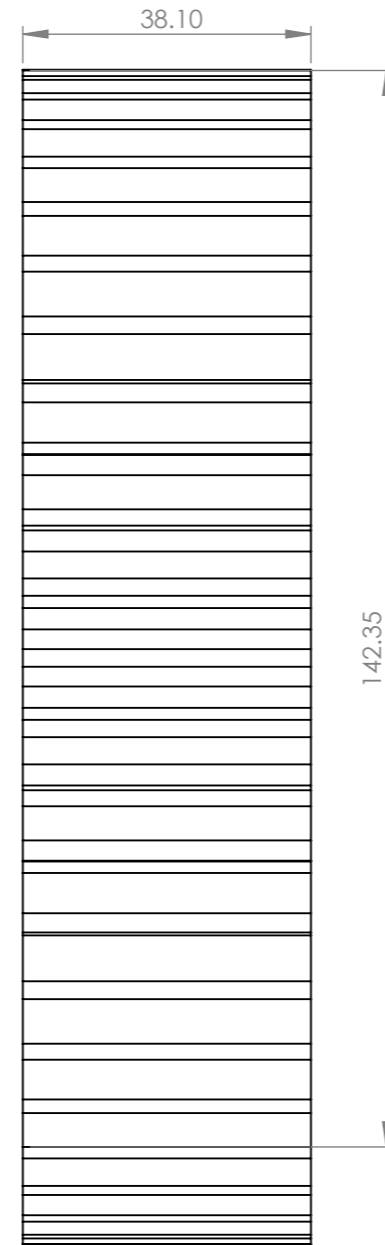
Escala:
INDICADA

Dibujado por:
Danner Jamil Julca León

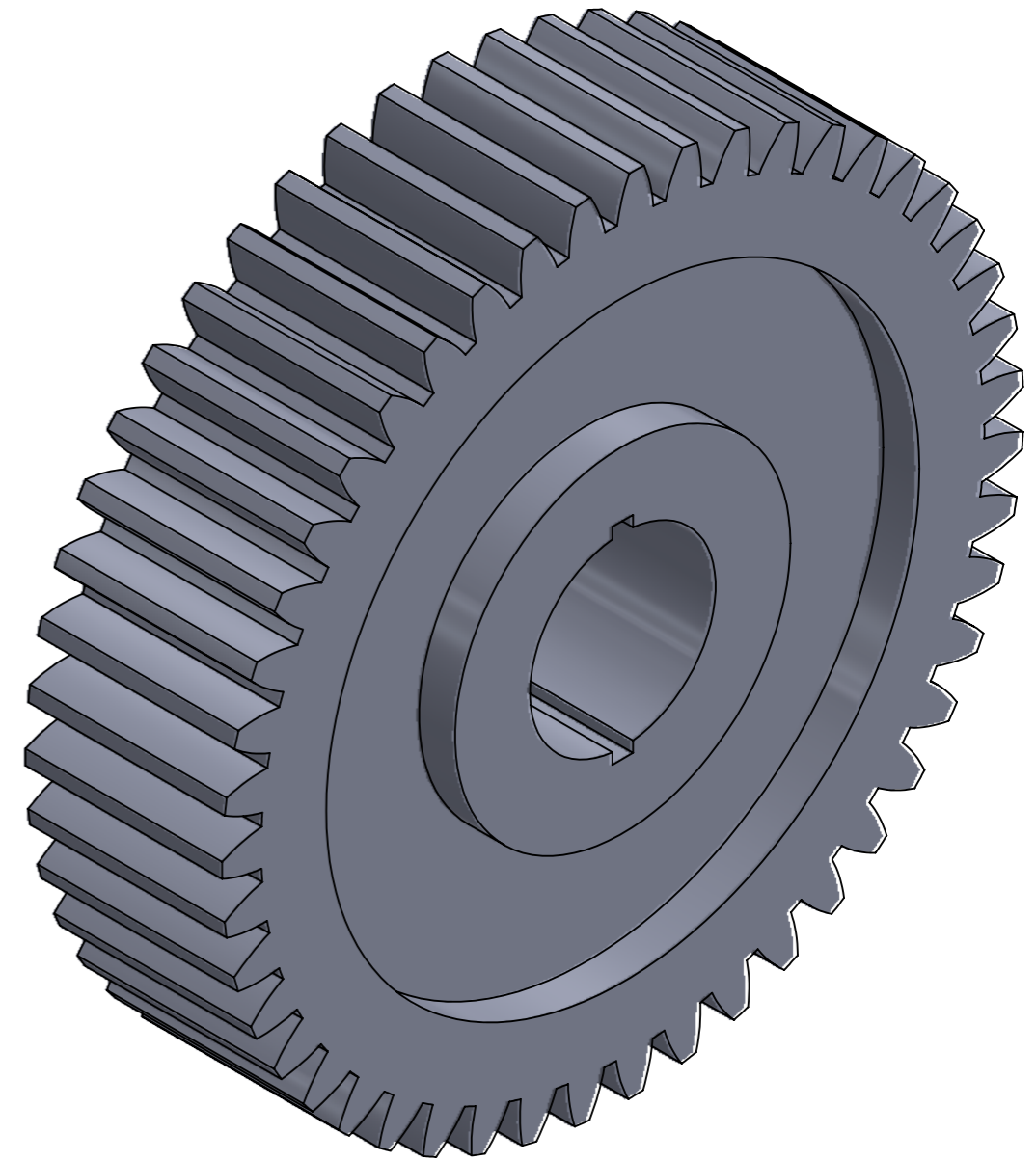
Asesor:
Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra



ESCALA 1 : 1




ESCALA 1 : 1

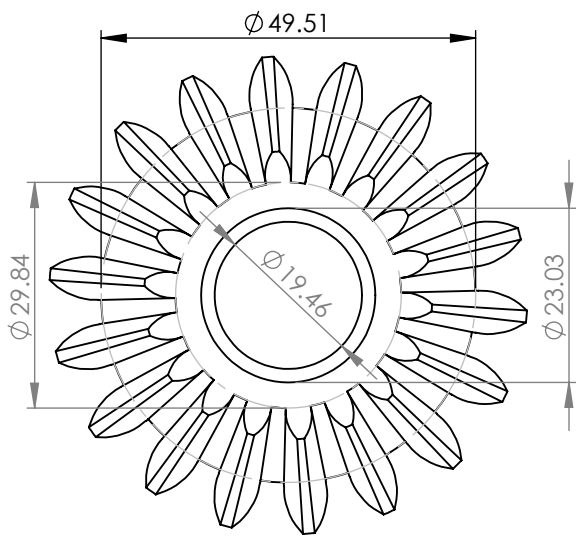


ESCALA 1 : 1

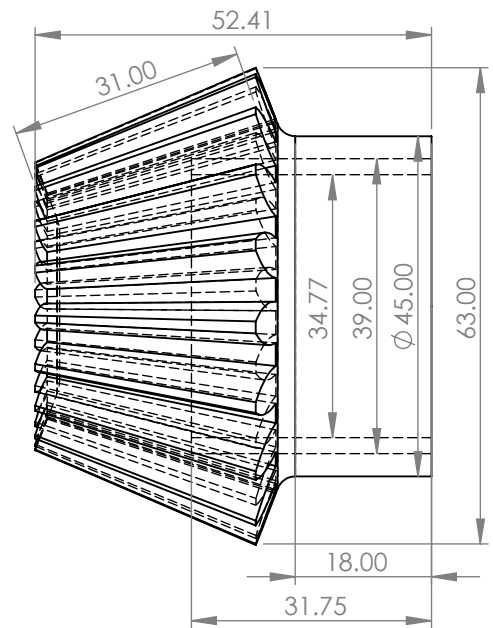
Nota:

- Los engranajes deben fabricarse en acero AISI 4140 grado 2 o acero AISI 4340 normalizado.
- Revisar los cálculos para mayores detalles.
- Las medidas están en mm.

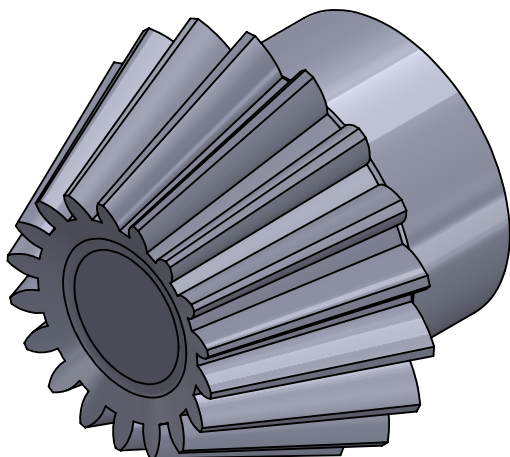
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>ENGRANAJE DE 47 DIENTES RECTOS Y EJE INTERIOR DE 36 mm</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



ESCALA 1 : 1




ESCALA 1 : 1

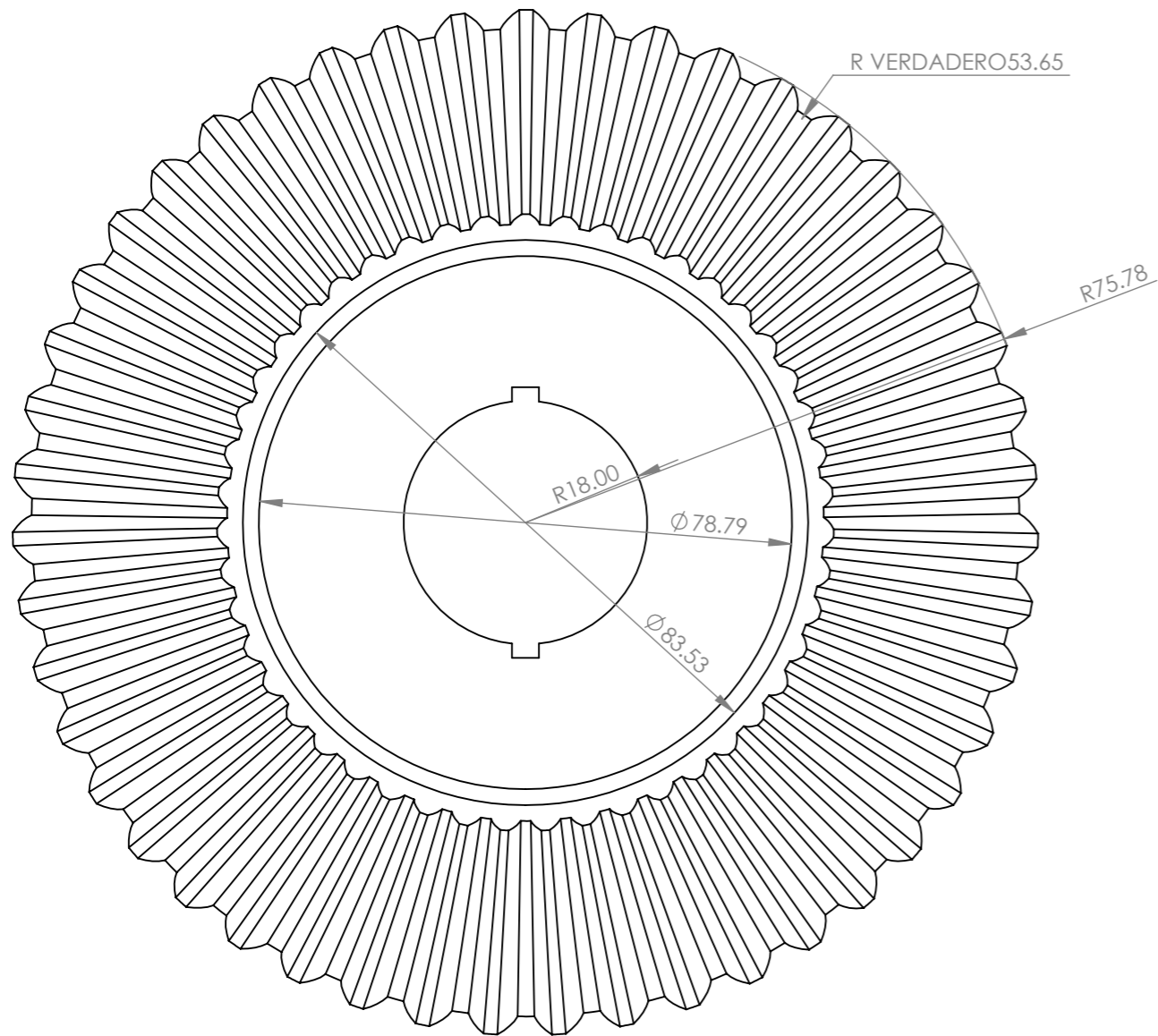


ESCALA 1 : 1

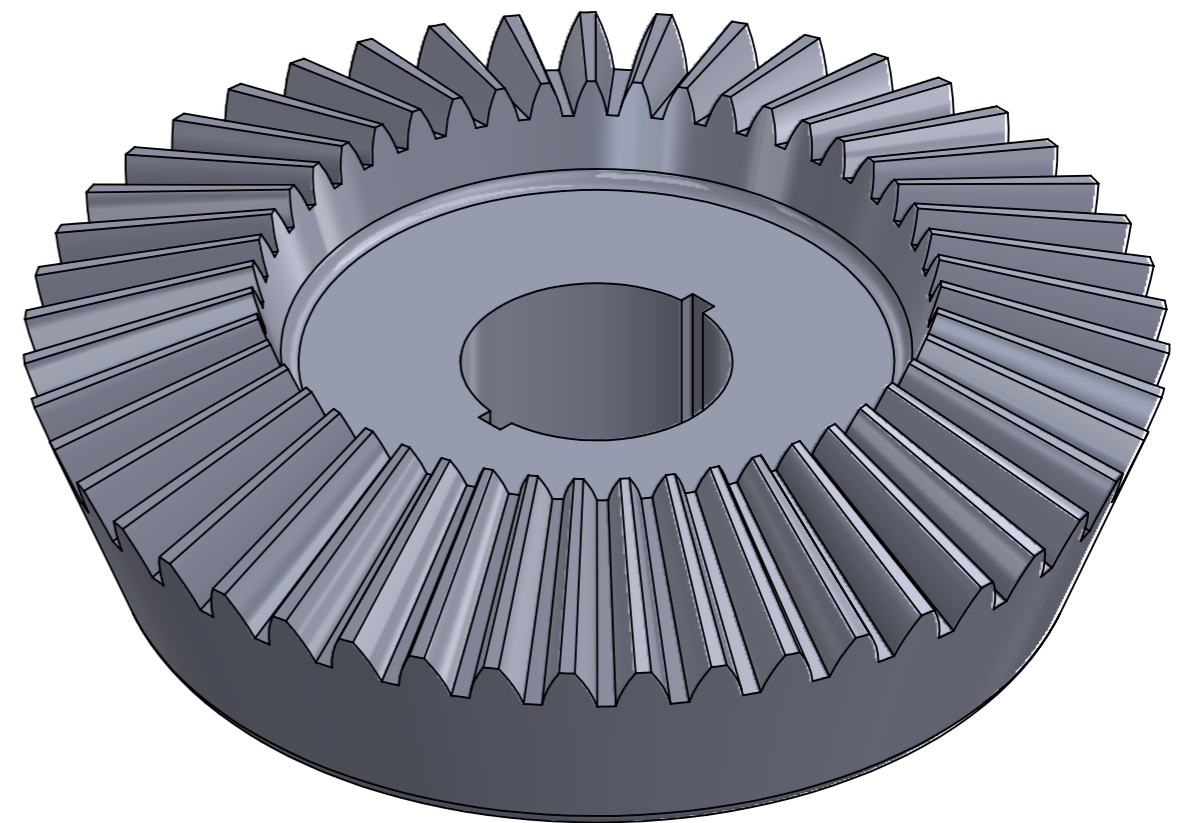
Nota:

- Los engranajes deben fabricarse en acero AISI 4140 grado 2 o acero AISI 4340 normalizado.
- Revisar los cálculos para mayores detalles.
- Las medidas están en mm.

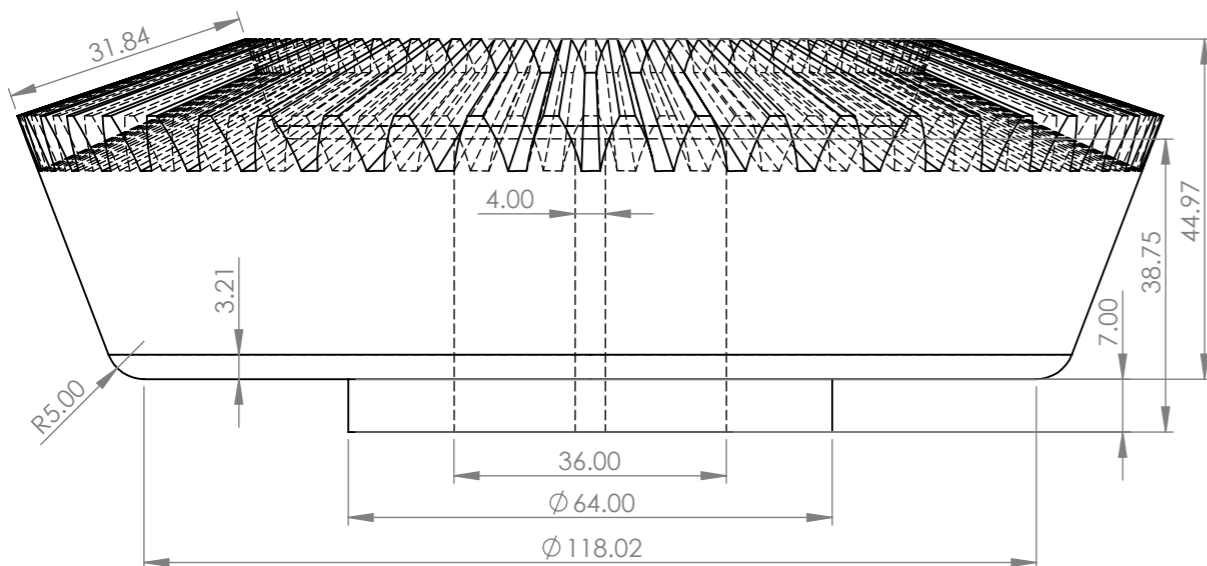
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>PIÑÓN CÓNICO DE 18 DIENTES RECTOS Y EJE INTERIOR DE 35 mm</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1

Nota:

- Los engranajes deben fabricarse en acero AISI 4140 grado 2 o acero AISI 4340 normalizado.
- Revisar los cálculos para mayores detalles.
- Las medidas están en mm.



DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA
MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD
AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE

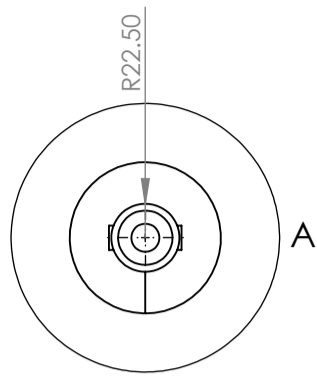
9/09/2025

ENGRANAJE CÓNICO DE 47 DIENTES RECTOS Y
EJE INTERIOR DE 36 mm

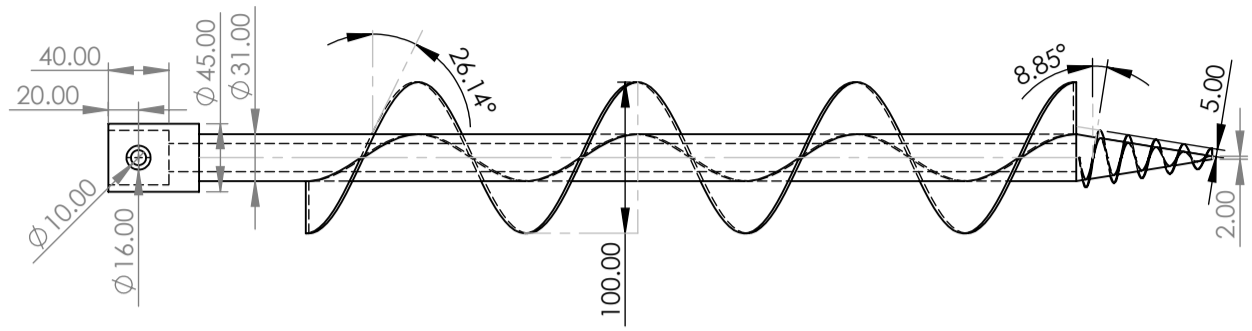
Escala:
INDICADA

Dibujado por:
Danner Jamil Julca León

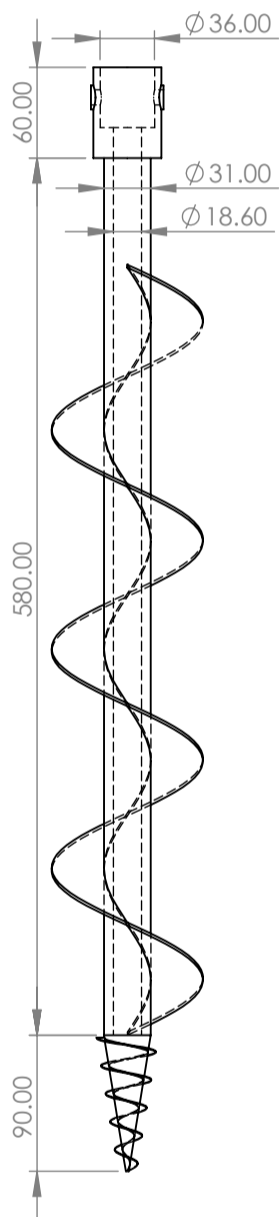
Asesor:
Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra



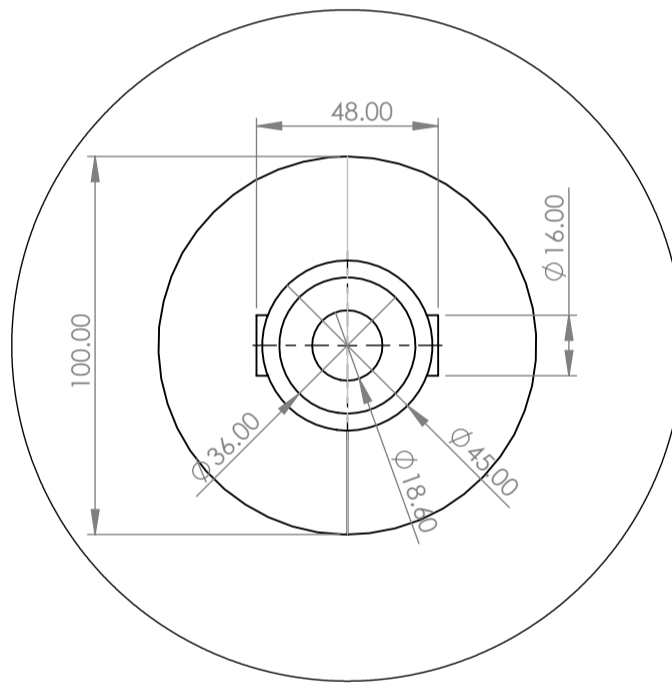
Escala 1 : 5



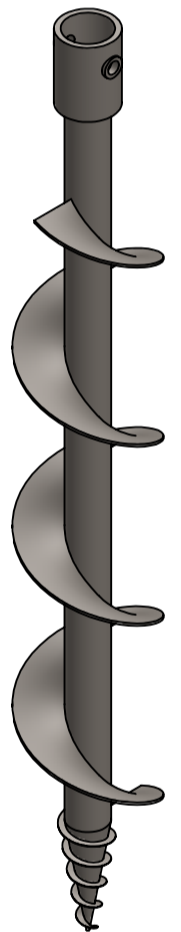
Escala 1 : 5



Escala 1 : 5




DETALLE A
ESCALA 1 : 2

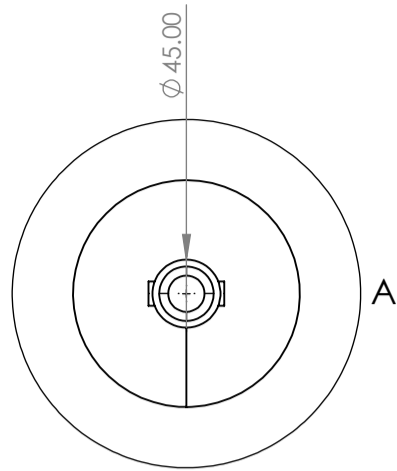


Escala 1 : 5

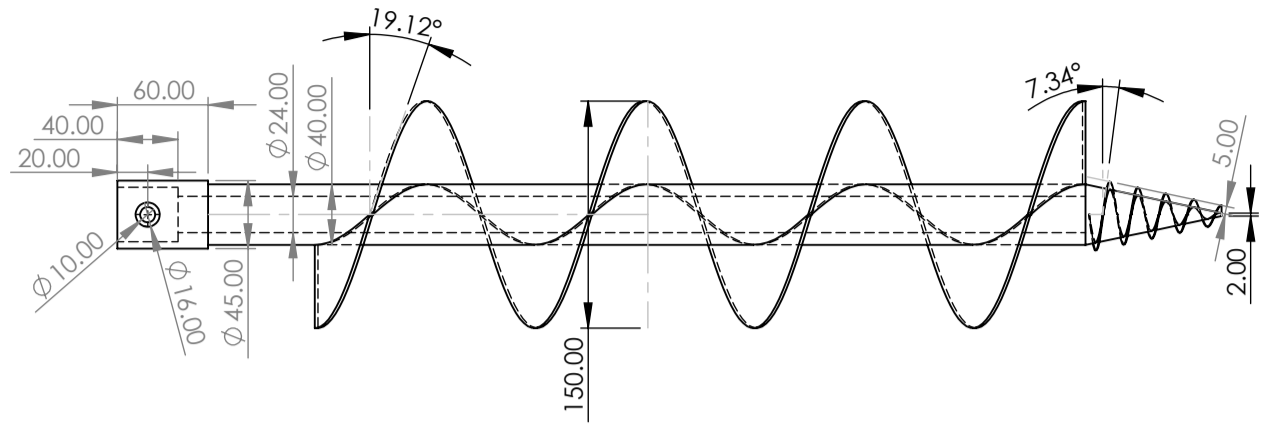
Nota:

- La estructura debe fabricarse en acero AISI 1045 estirado en frío.
- Las planchas tambien deben ser del acero estructural indicado.
- El espesor de las espirales es de 2 mm.

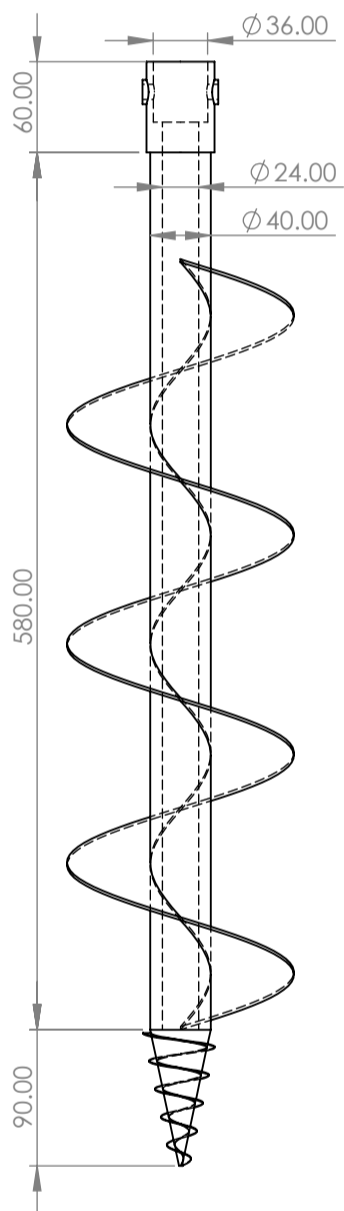
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>BROCA DE 10 cm</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



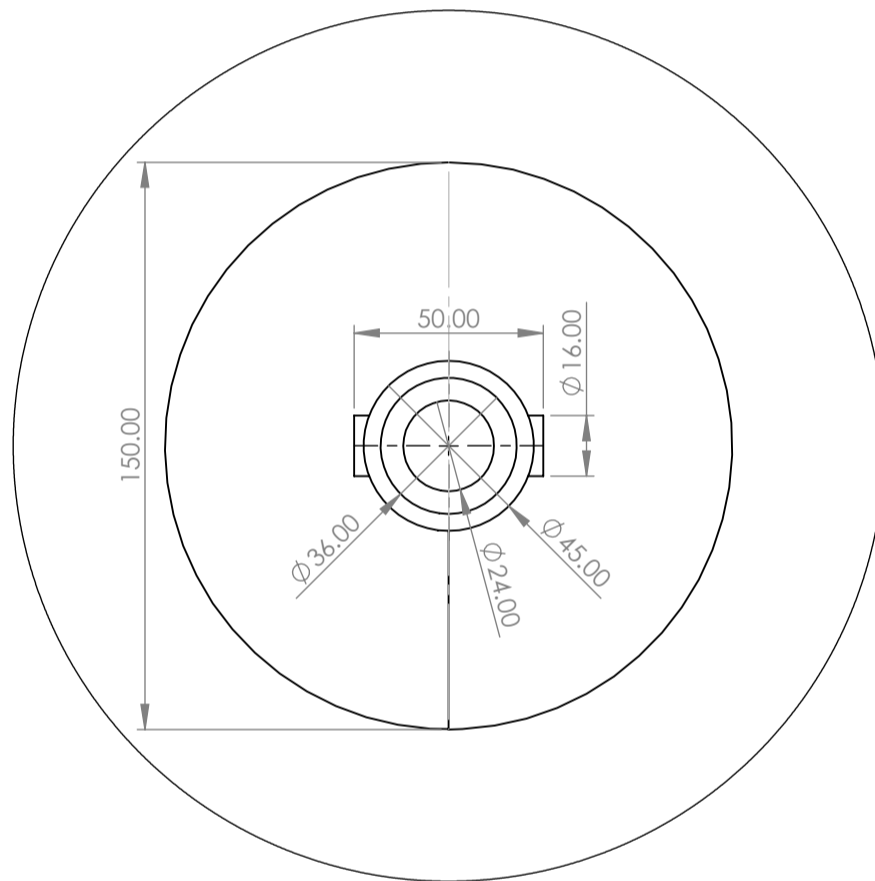
Escala 1 : 5



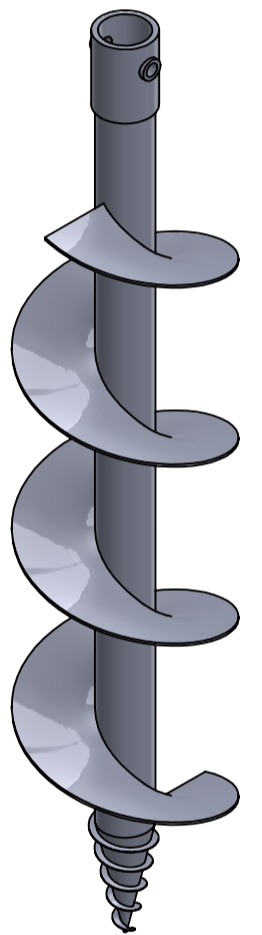
Escala 1 : 5



Escala 1 : 5




DETALLE A
ESCALA 1 : 2

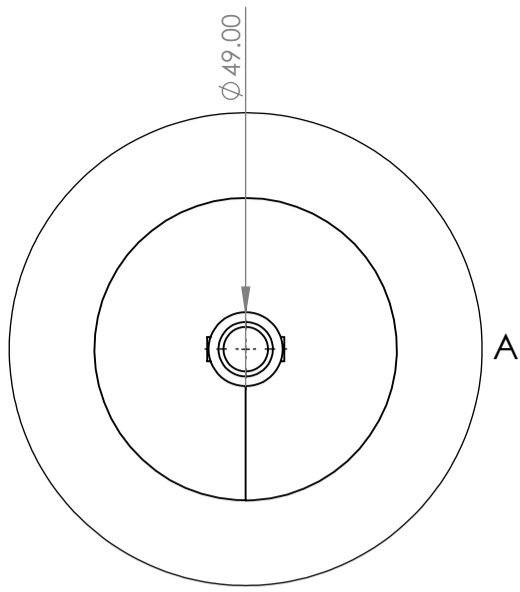


Escala 1 : 5

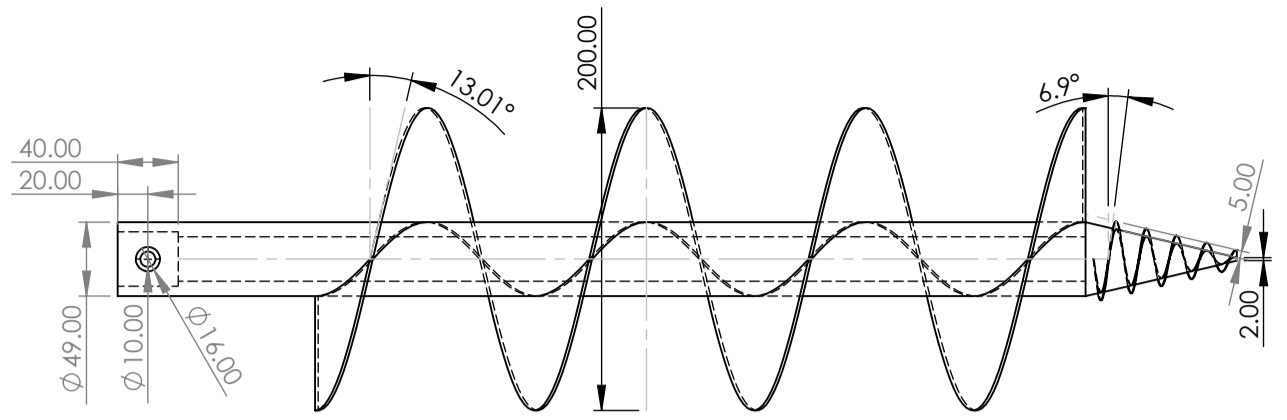
Nota:

- La estructura debe fabricarse en acero AISI 1045 estirado en frío.
- La planchas tambien deben ser del acero mencionado.
- El espesor de las espirales es de 2 mm.

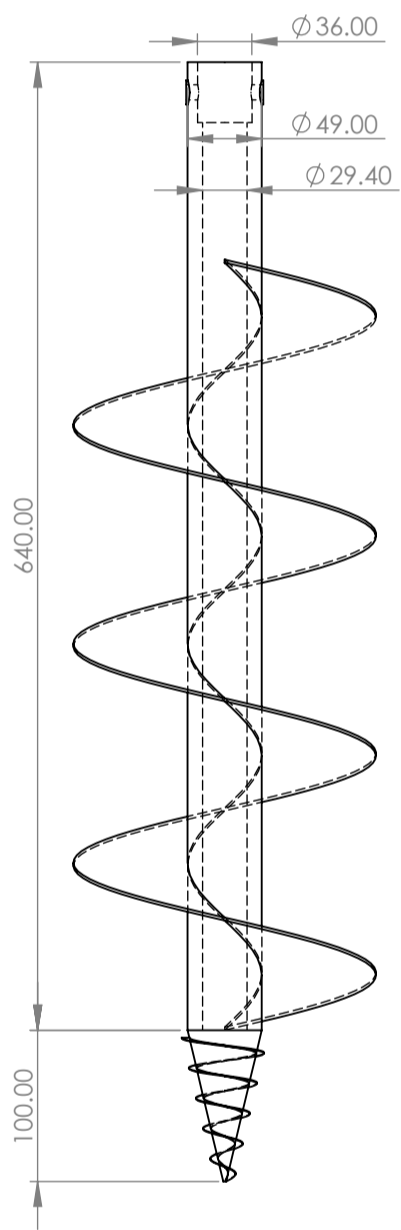
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>BROCA DE 15 cm</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



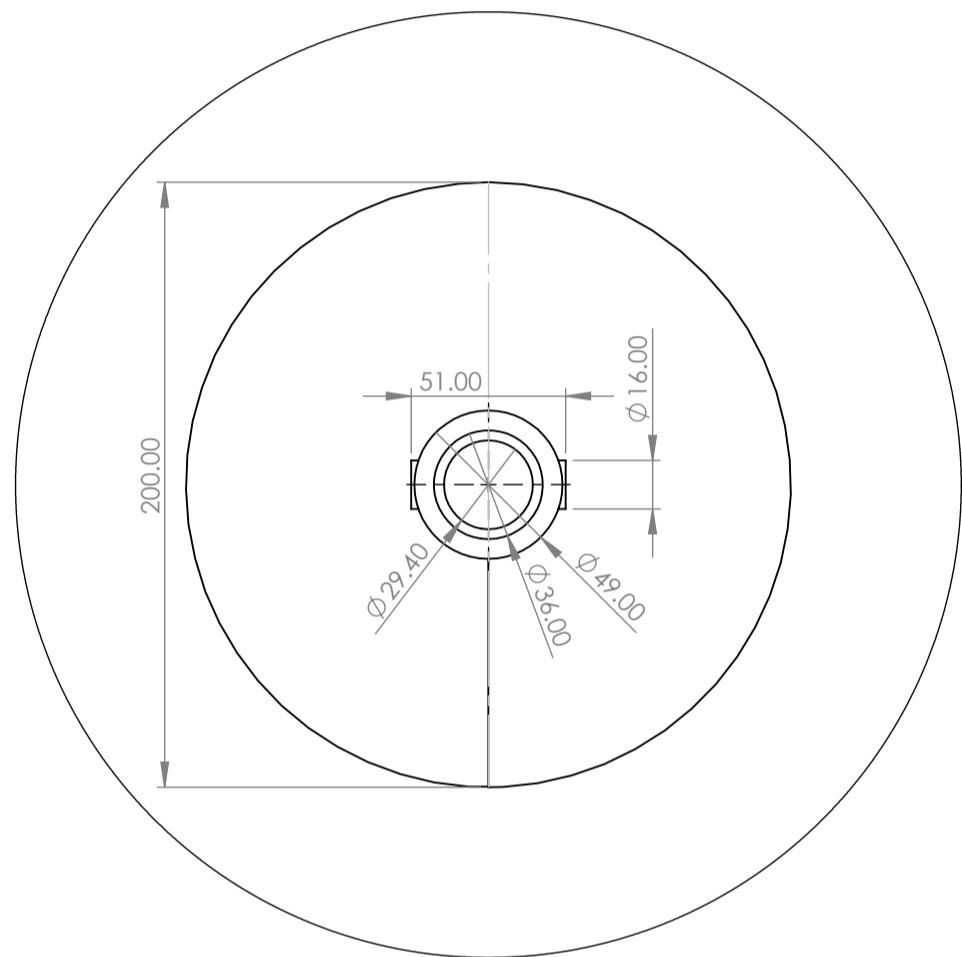
Escala 1 : 5



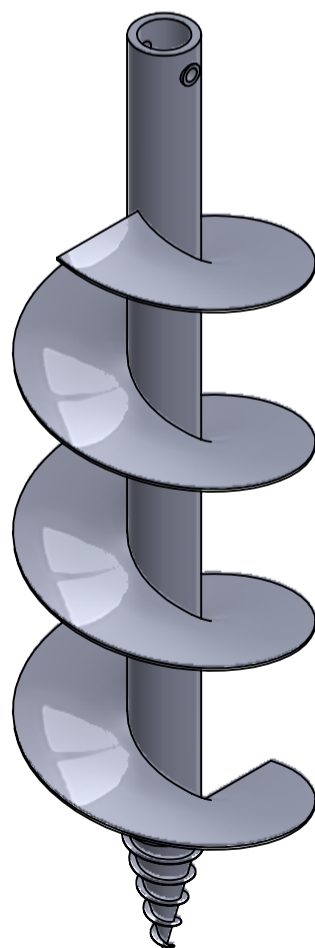
Escala 1 : 5



Escala 1 : 5




DETALLE A
ESCALA 1 : 2.5

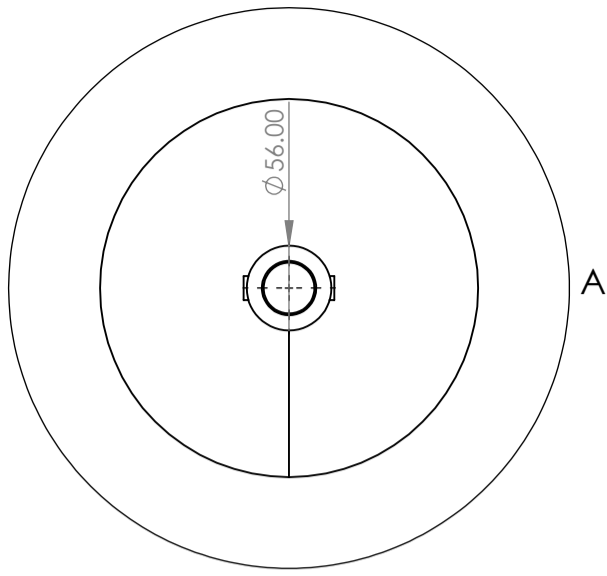


Escala 1 : 5

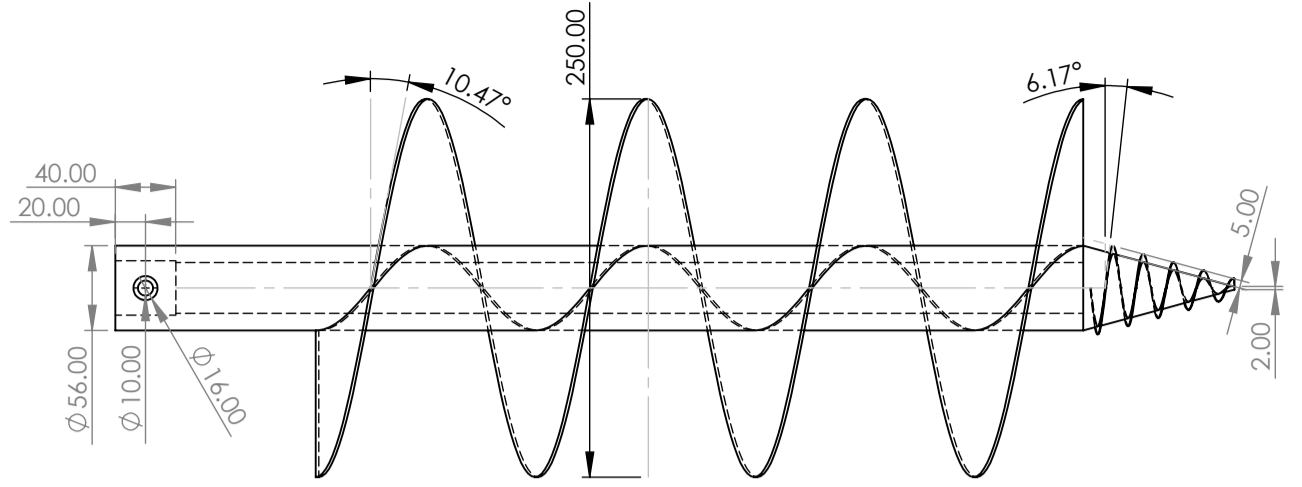
Nota:

- La estructura debe fabricarse en acero AISI 1045 estirado en frío.
- La planchas tambien deben ser del acero mencionado.
- El espesor de las espirales es de 2 mm.

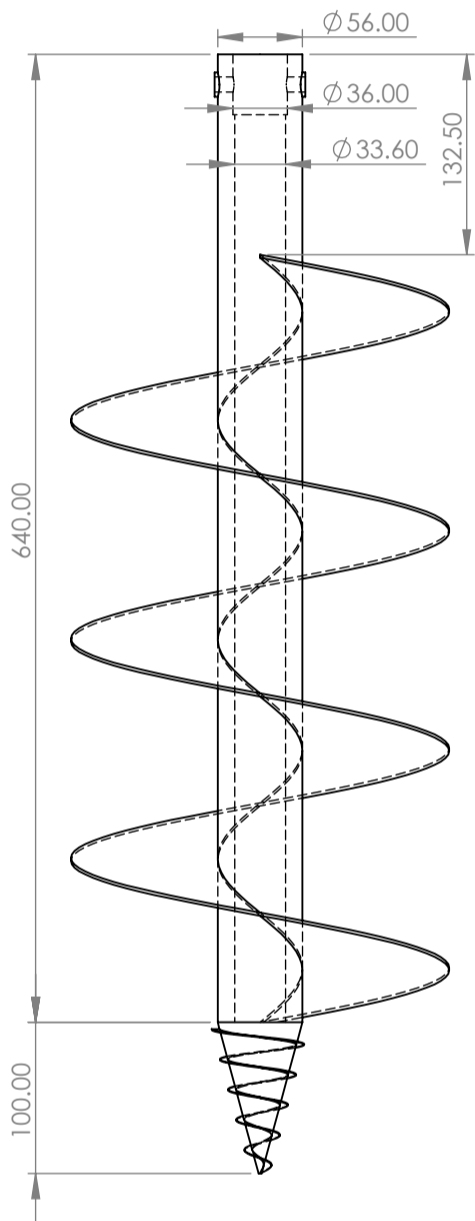
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>BROCA DE 20 cm</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>



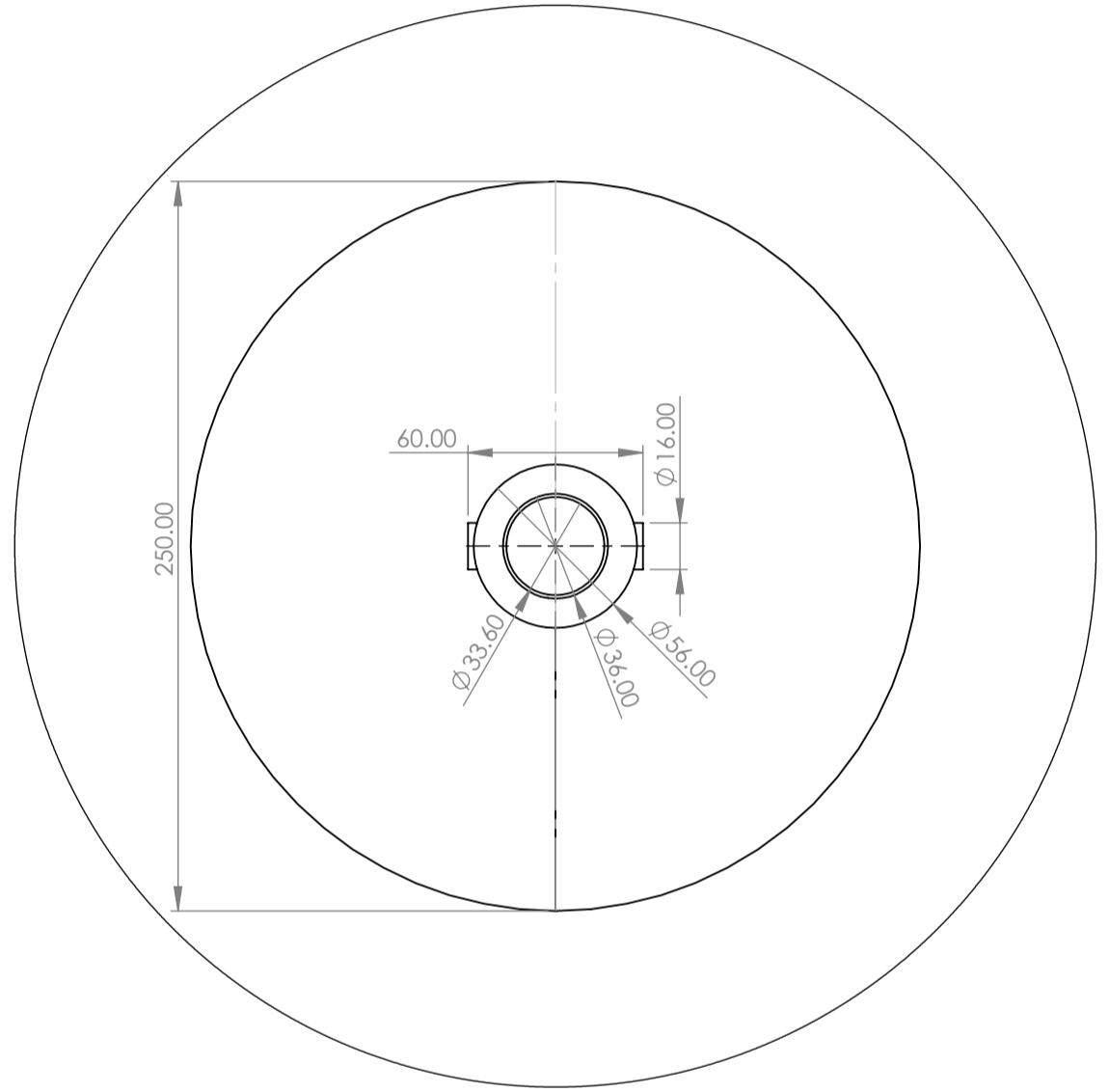
Escala 1 : 5



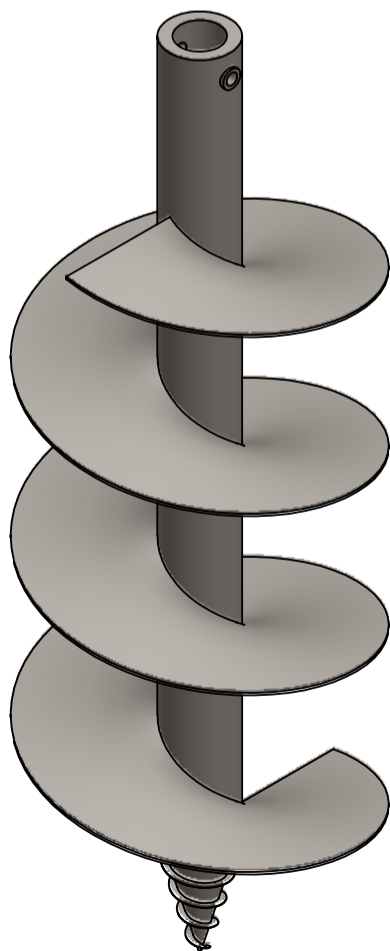
Escala 1 : 5



Escala 1 : 5




DETALLE A
ESCALA 2 : 5



Escala 1 : 5

Nota:

- La estructura debe fabricarse en acero AISI 1045 estirado en frío.
- La planchas tambien deben ser del acero mencionado.
- El espesor de las espirales es de 2 mm.

	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA PERFORADORA MULTIPROPÓSITO PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL CC.PP CERRO LA VIEJA - MOTUPE</p>	
<p>9/09/2025</p>	<p>BROCA DE 25 cm</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Dibujado por: Danner Jamil Julca León</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Carlos J. Cotrina Saavedra</p>