



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE
INGENIERÍA CAMPUS ZACATECAS

INGENIERIA MECATRONICA

“Diseño y construcción de una máquina tostadora de semillas para pinole”

Que para obtener el título de:
Ingeniero Mecatrónico

Presenta:

Aldo Gurrola Acosta

Asesores:

M. en I. Umanel Azazael Hernández González

M. en I. E. Adán Orenday Delgado

M. en C. Carlos Daniel Rico Mandujano



Zacatecas, Zac., 10 de Marzo, 2022



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE
INGENIERÍA CAMPUS ZACATECAS

INGENIERIA MECATRONICA

**“Diseño y construcción de una máquina
tostadora de semillas para pinole”**

Que para obtener el título de:
Ingeniero Mecatrónico

Presenta:
Aldo Gurrola Acosta

Asesores:

M. en I. Umanel Azazael Hernández González
M. en I. E. Adán Orenday Delgado
M. en C. Carlos Daniel Rico Mandujano



Zacatecas, Zac., 10 de Marzo, 2022



Folio

UPIIZ/ESA/067/2022

100 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
50 Aniversario de la UPIICSA
50 Aniversario del CECyT 10 "Carlos Vallejo Márquez"
25 Aniversario del CIECAS, CIITEC y del CHDIR, Unidad Sinaloa

Asunto

DESIGNACIÓN
ALDO GURROLA ACOSTA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOLETA: 2014360348
GENERACIÓN: 2015-2019

Zacatecas, Zac., a 23 de febrero de 2022

**C. ALDO GURROLA ACOSTA
PRESENTE**

Mediante el presente se hace de su conocimiento que este Departamento acepta que el **M. en I. Umanel Azazael Hernández González, Ing. Adán Orenday Delgado y M. en C. Carlos Daniel Rico Mandujano**, sean **asesores** en el tema que propone usted a desarrollar como prueba escrita de la opción Curricular, con el título y contenido siguiente:

"Diseño y construcción de una máquina tostadora de semillas para pinole"

Se concede un plazo de máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el jurado asignado.

M. EN C. JULIA JANETH ROSALES MARES
Jefa del Departamento de Evaluación y
Seguimiento Académico



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA
DE INGENIERÍA CAMPUS ZACATECAS
DIRECCIÓN

DR. FERNANDO FLORES MEJÍA
Director de la UPIIZ





Folio
UPIIZ/ESA/075/2022

100 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
50 Aniversario de la UPIIGSA
50 Aniversario del CECyT 10 "Carlos Vallejo Márquez"
25 Aniversario del CIECAS, CIITEC y del CIIDIR, Unidad Sinaloa

Asunto
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN
ALDO GURROLA ACOSTA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOLETA: 2014360348
GENERACIÓN: 2015-2019

Zacatecas, Zac., a 01 de marzo de 2022

El suscrito tengo el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el trabajo de titulación que presenta con fines de titulación denominada:

"Diseño y construcción de una máquina tostadora de semillas para pinole"

Encontré que el citado **Trabajo de Titulación**, reúne los requisitos para **autorizar** la impresión y proceder a la presentación del Examen Profesional debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se hicieron.

M. en I. Umanuel Azazael Hernández González

M. en C. Carlos Daniel Rico Mandujano

Ing. Adán Orenday Delgado



Autorización de uso de obra

Instituto Politécnico Nacional P r e s e n t e

Bajo protesta de decir verdad el que suscribe, **Aldo Gurrola Acosta**, estudiante del programa de Ingeniería Mecatrónica, con número de boleta **2014360348**, adscrito a la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas; manifiesto ser autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **“Diseño y construcción de una máquina tostadora de semillas para pinole”**, en adelante **“El Trabajo de Titulación”** y de la cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgo al Instituto Politécnico Nacional, en adelante el “IPN”, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales “El Trabajo de Titulación” por un periodo de tiempo indefinido contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso al “IPN” de su terminación.

En virtud de lo anterior, el “IPN” deberá reconocer en todo momento mi calidad de autor de “El Trabajo de Titulación”.

Adicionalmente, y en mi calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de “El Trabajo de Titulación”, manifiesto que la misma es original y que la presente autorización no contraviene a ninguna otra otorgada por el suscrito respecto de “El Trabajo de Titulación”, por lo que deslindo de toda responsabilidad al “IPN” en caso de que el contenido de “El Trabajo de Titulación” o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumo las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Zacatecas, Zac., a 10 de Marzo del 2022.

Atentamente



Aldo Gurrola Acosta



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE
INGENIERÍA CAMPUS ZACATECAS

“Diseño y construcción de una máquina tostadora de semillas para pinole”

Area de Ubicación

“Ingeniería en Mecatrónica”

Linea de Investigación

**Diseño y construcción de prototipos o componentes
mecatrónicos**

Presenta

Aldo Gurrola Acosta
Alumno

M. en I. Umanel
Azazael Hernández
González
Asesor

M. en I. E. Adán
Orenday Delgado
Asesor

M. en C. Carlos Daniel
Rico Mandujano
Asesor

Ing. Adán Samir
Moreno Castro
Presidente del Jurado

M. en C. Flavio Darío
Mirelez Delgado
Secretario



AGRADECIMIENTOS

Agradezco...

Principalmente a mis padres, Silvano Gurrola Carlos y Ma. Guadalupe Acosta Ávila, por darme todo lo que ha estado en sus manos y apoyarme en todo momento. Por ser un ejemplo que seguir, pues todos estos años me han enseñado a trabajar y luchar por lo que quiero y nunca rendirme a pesar de las dificultades u obstáculos que se interpongan.

A mi hermano Fernando Gurrola Acosta, que, aunque no todo el tiempo compartamos las mismas opiniones, siempre me apoya y me acompaña en mis logros y fracasos. Gracias por ser el mejor compañero y amigo de toda la vida.

A mi pareja Xchel Janetzy Rivas Acuña por estar siempre a mi lado el tiempo que llevamos juntos y siempre apoyar mis decisiones. Porque día a día me compartes un pedacito de tu vida y con ello me has brindado la fuerza y tranquilidad para seguir adelante. Siempre serás uno de mis mayores motivos para luchar por nuestros sueños.

A todos mis familiares que sin duda alguna siempre me han apoyado, cada uno de alguna manera en especial. Gracias, porque todo ello ha sido una gran parte de este logro y como alguna vez me dijeron “No nos vamos a acabar el mundo de una mordida, todo tiene su tiempo”, pues después de varios años agradezco terminar lo que empecé, ahora con un gran aprendizaje.

A mis amigos, quienes estuvieron y quienes aún están, porque con cada uno de ellos compartí grandes momentos de la carrera y espero en la vida profesional tener el gusto de seguir compartiendo experiencias junto a algunos de ellos.

A mis maestros y asesores que me han guiado y me han compartido parte de sus conocimientos y experiencias, las cuales me han permitido crecer personalmente y construir esta máquina. Gracias por confiar en mi trabajo y por dedicar su tiempo cuando ha sido necesario.

RESUMEN

En la industria artesanal existen alimentos tradicionales de alto valor nutrimental, como el pinole, el cual se elabora con harina de maíz tostado mezclado con cacao, canela o anís y puede ser endulzado con azúcar o piloncillo. En otras ocasiones es combinado con cereales y leguminosas como la haba, el garbanzo, la lenteja, la cebada, el arroz, el frijol, entre otros, aumentando así el nivel de nutrientes.

En este documento, se realizó el diseño y construcción de una máquina capaz de tostar por tandas y por separado las distintas semillas que se usan para la elaboración del pinole. El proceso consiste en seleccionar en una interfaz electrónica el tipo de semilla y la cantidad para iniciar el proceso de tostado. Una vez iniciado el proceso, se precalienta la cámara a 50°C y se ingresan de manera manual las semillas a tostar, para realizar el tostado el sistema gira para obtener un tueste uniforme y una vez finalizado se abre la compuerta manual para extraer las semillas.

Para este sistema se utilizó una LCD 20x4 y un teclado matricial programado con Arduino para poder interactuar y de igual manera se empleó acero inoxidable T304 en los elementos mecánicos que están en contacto con las semillas.

En las primeras pruebas se presentaron diversas fallas, las cuales fueron eliminadas después de varias modificaciones que se realizaron, en las pruebas finales que se ejecutaron se obtuvo un porcentaje aproximado del 5% de desperdicio, tiempos de tostado entre 1.5 y 2 horas, y temperaturas entre 90 y 100°C.

Estas condiciones del tostado permitieron lograr un tueste uniforme en las semillas que se utilizaron, lo cual cumple con el objetivo de mejorar y estandarizar la calidad del tostado, además de aumentar la producción en un 250%.

PALABRAS CLAVE

Tostadora, semillas, pinole, máquina.

ABSTRACT

In the handicraft industry there are traditional foods of high nutritional value, one of them is the pinole, which is usually made with toasted corn flour, sometimes sweetened and mixed with cocoa, cinnamon or anise. In other occasions it is combined with cereals and legumes such as beans, chickpeas, lentils, barley, rice, among others, increasing the level of nutrients.

In this document, we aim to show the design and build of a machine that is capable of toasting separately the different seeds used for the elaboration of pinole. The process consists in selecting in an electronic interface the type of seed and the quantity to start the toasting process. Once the process has started, the chamber is preheated to 50°C and introduce manually the seeds to be toasted, to make the toast the systems rotates to obtain a uniform toast and once finished the manual gate is opened to extract the seeds. For this system used a LCD 20x4 and a matrix keyboard programmed with Arduino were used to interact and the same way T304 stainless steel was used in the mechanical elements that are in contact whit the seeds.

In the first tests several failures were presented, which were eliminated after several modifications, in the final tests that were executed an approximate percentage of 5% of waste was obtained, toasting times between 1.5 hours, and temperatures between 90 and 100°C.

These toasting conditions allowed get a uniform toast in the seeds that were used, which fulfills the objective of improving and standardizing the quality of toasting, in addition to increasing production by 250%.

KEYWORDS

Machine, pinole, toaster, seeds.

Índice

Agradecimientos	I
Resumen	III
Palabras Clave	III
Abstract	IV
Keywords	IV
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 2. JUSTIFICACIÓN	2
CAPITULO 3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
3.1 Objetivo general	3
3.2 Objetivos específicos	3
CAPITULO 4. MARCO TEÓRICO	4
4.1 Tipos de tostadoras	4
4.1.1 Tostador rotativo horizontal por tandas	4
4.1.2 Tostador rotativo horizontal continuo	5
4.1.3 Tostador vertical con agitación por paletas	5
4.2 Engranajes	6
4.2.1 Engranajes rectos	6
4.2.2 Engranajes helicoidales	6
4.2.3 Engranajes cónicos	7
4.2.4 Tornillo sinfín	8
4.2.5 Nomenclatura de los engranes	8
4.3 Sensores de temperatura eléctricos	9

4.3.1	Sensores resistivos.....	9
4.3.2	Sensores generadores	11
4.4	Pinole.....	12
4.5	Proceso artesanal del pinole.....	12
4.5.1	Selección de la semilla	12
4.5.2	Limpieza de la semilla	13
4.5.3	Tostado.....	13
4.5.4	Molienda	14
CAPITULO 5. ESTADO DEL ARTE.....		15
CAPITULO 6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		18
CAPITULO 7. DESARROLLO		19
7.1	Identificación de una necesidad.....	21
7.2	Análisis del problema.....	21
7.3	Especificaciones de diseño	21
7.3.1	Limitaciones:.....	22
7.3.2	Alcances:.....	22
7.4	Diseño conceptual	23
7.5	Elección de la solución adecuada.....	24
7.6	Diseño detallado	25
7.6.1	Dimensionamiento de la cámara de tostado.....	26
7.6.2	Selección de rodamientos para el eje de la cámara de tostado	32
7.6.3	Selección de engranes	34
7.6.4	Selección de rodamientos para el eje de la transmisión.....	40
7.6.5	Diseño del eje de la transmisión	42
7.6.6	Diseño del eje de la cámara de tostado.....	44
7.6.7	Diseño de la cámara de combustión.....	45
7.6.8	Diseño de la base de la maquina.....	46

7.6.9	Diseño de la Interfaz.....	47
7.6.10	Selección de componentes.....	51
CAPITULO 8. CONSTRUCCION		56
8.1	PROGRAMACION Y CONSTRUCCION DE INTERFAZ.....	56
8.2	CONSTRUCCION DE CAMARA DE TOSTADO Y CAMARA DE COMBUSTION.....	62
8.3	CONSTRUCCION DE EJES Y SISTEMA DE TRANSMISION.....	65
8.3.1	Manufactura de ejes.....	65
8.3.2	Manufactura de chumaceras	67
8.3.3	Manufactura de cuñas	68
8.3.4	Montaje de engranes y ejes.....	68
8.4	ENSAMBLAJE DE LA TOSTADORA	69
CAPITULO 9. RESULTADOS.....		72
9.1	Trabajo a futuro	79
9.2	Recomendaciones	80
CONCLUSIONES		81
FUENTES DE CONSULTA		83
Anexos		86

Índice de Figuras

Figura 1. Máquina tostadora rotatoria por tandas.....	4
Figura 2. Máquina tostadora rotativa horizontal continua.....	5
Figura 3. Máquina tostadora vertical con agitación por paletas.....	5
Figura 4. Engranés rectos.....	6
Figura 5. Engranés helicoidales.....	7
Figura 6. Engranés cónicos.....	7
Figura 7. Engrane sinfín o de gusano.....	8
Figura 8. Nomenclatura de los dientes de engranes rectos.....	8
Figura 9. Simbología RTD.....	10
Figura 10. Simbología RTD con coeficiente de temperatura positivo (PTC) y negativo (NTC).....	10
Figura 11. Efecto Seebeck en un termopar.....	11
Figura 12. Efecto Peltier en un termopar.....	11
Figura 13. Diferencia del maíz tostado.....	14
Figura 14. Molino manual.....	14
Figura 15. Tostador vertical.....	15
Figura 16. Máquina tostadora.....	16
Figura 17. Morteado, tostado y molienda.....	17
Figura 18. Diagrama de flujo del proceso de tostado.....	20
Figura 19. Modelo CAD de la tostadora.....	26
Figura 20. Balanza analítica OHAUS.....	27
Figura 21. Cámara de tostado.....	30
Figura 22. Cilindro hueco.....	34
Figura 23. Tren de engranajes.....	36
Figura 24. Eje intermediario de la transmisión.....	42
Figura 25. Análisis estático de Von Mises del eje intermediario de la transmisión.....	43
Figura 26. Factor de seguridad del eje intermediario de la transmisión.....	43
Figura 27. Análisis de esfuerzos en el eje de la cámara de tostado.....	44
Figura 28. Factor de seguridad en el eje de la cámara de tostado.....	45
Figura 29. Cámara de combustión.....	45

Figura 30. Base de PTR para la máquina de tostado.....	46
Figura 31. Máquina de estados del sistema de interfaz.	47
Figura 32. Pantalla LCD 20x4.....	51
Figura 33. Botón pulsador.	52
Figura 34. Indicador piloto.	52
Figura 35. Botón selector.....	52
Figura 36. Termocupla tipo K con módulo MAX6675.	53
Figura 37. Botón de paro de emergencia.	53
Figura 38. Quemador de gas.....	54
Figura 39. Módulo de ignición y bujía.	54
Figura 40. Válvula solenoide de gas.....	55
Figura 41. Módulo I ² C.....	58
Figura 42. Teclado matricial rígido 4x4.....	58
Figura 43. Configuración para botoneras.	59
Figura 44. Condición STOP.....	59
Figura 45. Diseño de circuito para interfaz.	60
Figura 46. Impresión de circuito de interfaz.....	60
Figura 47. Circuito impreso.....	61
Figura 48. Diseño de interfaz en software.	61
Figura 49. Interfaz.	61
Figura 50. Cámara de tostado y cámara de combustión.	62
Figura 51. Tapas de la cámara de tostado y de combustión.	62
Figura 52. Cámara de tostado sin eje.....	63
Figura 53. Cámara de combustión y base, vista trasera.	63
Figura 54. Cámara de combustión y base, vista frontal.....	64
Figura 55. Tapa frontal de la máquina de tostado.	64
Figura 56. Maquinado de eje de la transmisión en torno CNC HAAS.	65
Figura 57. Eje de la transmisión.	66
Figura 58. Maquinado de eje principal en Torno CNC HAAS.....	66
Figura 59. Chumacera para eje intermedio de la transmisión.	67
Figura 60. Chumaceras para el eje central de la cámara de tostado.	67
Figura 61. Cuña para engrane.....	68
Figura 62. Montaje de engranes.....	68

Figura 63. Sistema motriz completo.	68
Figura 64. Cámara de tostado completa.	69
Figura 65. Montaje de cámara de tostado.	69
Figura 66. Ensamble de cámara de combustión y base.	70
Figura 67. Montaje de transmisión.	70
Figura 68. Tostadora con brazo de soporte para interfaz.	71
Figura 69. Tostadora con interfaz.	71
Figura 70. Modificación de válvula.	72
Figura 71. Configuración de pines, puente H L293D.	72
Figura 72. Tensor de transmisión y tope.	73
Figura 73. Maíz tostado, segunda prueba.	74
Figura 74. Garbanzo tostado, tercer prueba.	74
Figura 75. Cámara de tostado con 2 aspas.	75
Figura 76. Mecanismo de elevación.	75
Figura 77. Garbanzo tostado, quinta prueba.	77
Figura 78. Frijol soya tostado, sexta prueba.	77

Índice de Tablas

Tabla 1. Tiempos de tostado en 1 Kg de semillas.	22
Tabla 2. Combinaciones conceptuales.	23
Tabla 3. Tabla de pertinencia.....	24
Tabla 4. Tabla de objetivos ponderados.	25
Tabla 5. Promedios de las muestras de cacao.	27
Tabla 6. Composición química del acero inoxidable 304.	31
Tabla 7. Velocidades de cada etapa de la transmisión.....	38
Tabla 8. Capacidad de potencia del piñón TS1620.	38
Tabla 9. Capacidad de potencia del engrane TS16104.....	39
Tabla 10. Capacidad de potencia del piñón TS2028.	39
Tabla 11. Capacidad de potencia del engrane TS20120.	40
Tabla 12. Especificaciones para eje intermediario de la transmisión.....	42
Tabla 13. Especificaciones para la máquina de estados del sistema de tostado.	47
Tabla 14. Menú principal de la interfaz.	50
Tabla 15. Submenú tipo de semilla de la interfaz.	50
Tabla 16. Submenú cantidad de semilla.	50
Tabla 17. Submenú modificar tostado.	50
Tabla 18. Pantalla en estado operativo.....	51
Tabla 19. Configuración de pines para ARDUINO MEGA	57
Tabla 20. Materiales para el sistema de transmisión.....	65
Tabla 21. Pruebas manuales.	78
Tabla 22. Pruebas completas.	78

Índice de Anexos

Anexo 1. Cronograma de trabajo terminal 1.	86
Anexo 2. Cronograma de trabajo terminal 2.	87
Anexo 3. Muestras experimentales del cacao.	88
Anexo 4. Planos cámara de tostado.	92
Anexo 5. Planos eje de la transmisión.	93
Anexo 6. Planos eje de la cámara de tostado.	94
Anexo 7. Planos cámara de combustión.	95
Anexo 8. Planos base de PTR de la máquina de tostado.	96
Anexo 9. Planos base de PTR de la transmisión.	97
Anexo 10. Lámina acero inoxidable tipo 304 de grado alimenticio.	98
Anexo 11. Motor monofásico SIEMENS.	99
Anexo 12. Rodamientos para el eje de la cámara de tostado (catálogo de rodamientos SKF).	100
Anexo 13. Engranajes de entrada para la transmisión (catálogo de engranes Martin). .	101
Anexo 14. Engranajes de salida para la transmisión (catálogo de engranes Martin).	102
Anexo 15. Capacidades de potencia para piñón y engranaje de entrada.	103
Anexo 16. Capacidades de potencia para piñón y engranaje de salida.	104
Anexo 17. Rodamientos para el eje intermediario de la transmisión (catálogo de rodamientos SKF).	105
Anexo 18. Código menú tostadora.	107
Anexo 19. Pantalla LCD 20x4.	109
Anexo 20. Termocupla tipo K.	110
Anexo 21. Modulo MAX6675.	111
Anexo 22. Código G, eje de la transmisión.	112
Anexo 23. Código G, eje central de la cámara de tostado.	113
Anexo 24. Código G, chumacera para eje de transmisión.	114

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

La diversidad genética del maíz está concentrada en América, principalmente en México. El maíz es consumido como tortillas, arepas, pinoles, atoles, tostadas, botanas, tamales, elotes y otros alimentos. El pinole, es un alimento tradicional de México elaborado con cereal de maíz tostado a veces endulzada con cacao, canela o anís. Distintos grupos étnicos como los Tarahumaras, Nahuas, Tepehuanos, Lacandones y Huicholes lo incluyen en su dieta básica como aporte calórico para sus actividades [1].

Los cereales y en particular el maíz, se caracterizan por una deficiencia en lisina y triptófano, mientras que las leguminosas son deficientes en aminoácidos azufrados, metionina y cistina, estos aminoácidos son esenciales para el organismo humano [1]. Ciertas formas de lisina ayudan en la absorción de calcio del tracto digestivo y pueden ayudar en problemas de migraña [2, 3], asimismo existen hallazgos que apoyan la importancia del L-triptófano para evitar los síntomas de la depresión [4].

Por otro lado, la metionina, aminoácido que contiene azufre, la cual participa en la degradación de las grasas y por consiguiente previene la acumulación de ésta en las arterias, y ya que la metionina puede ser convertida en cisteína, es materia prima para la desintoxicación del hígado [5].

El automatizar el proceso de tostado de semillas permite mejorar la producción, la calidad de tostado y cambiar las condiciones a las que está expuesta la persona que comúnmente lo realiza. Es por ello que en este trabajo se diseñó y construyó una máquina semiautomática tostadora de semillas de maíz, garbanzo, haba, frijol soya y cacao para la producción de pinole en el municipio de Jerez de García Salinas, Zacatecas, actividad que se realiza de manera manual y es una labor de gran tradición e importancia.

CAPITULO 2. JUSTIFICACIÓN

En Jerez de García Salinas, Zacatecas se llevan a cabo distintos procesos de alimentos dentro de la industria artesanal, como lo son: la producción de chile, mole, chocolate de marqueta, pinole, entre otros [6]. Cada proceso que conlleva la elaboración de estos productos implica tener que realizar trabajos cansados o que consumen de mucho tiempo y, en ocasiones estos son desempeñados por personas de edad avanzada, por lo que el objetivo es ayudar a que las actividades que realizan sean más fáciles.

Este es el caso del pinole, en el cual, para su obtención del producto final, se requiere del tostado por separado de las distintas semillas que emplea cada productor en su elaboración, como el maíz, cacao, garbanzo, entre otros, sin embargo, se expone gran tiempo a altas temperaturas y esto puede traer problemas a la salud a corto y largo plazo en las personas que realizan dicha actividad. Este proceso de manera artesanal consiste en verter semillas en una cacerola al cual se le aplica calor mediante leña o combustible gas LP y a la misma vez se realizan movimientos constantes a las semillas por el tiempo necesario hasta obtener un tueste uniforme, es por ello que se implementará la ingeniería mecatrónica para automatizar dicho proceso.

Debido a las razones antes expuestas, se diseñará y construirá una máquina tostadora, donde el usuario seleccionará en una interfaz la semilla a ingresar y presionará un botón para iniciar el proceso. Una vez iniciado, la cámara de tostado deberá estar en movimiento continuo y al mismo tiempo se le aplicará calor hasta obtener una temperatura de 50°C, en este momento el usuario ingresará en una tolva semillas de un solo tipo. En este punto comenzará el tiempo de tostado, el cual estará predefinido de acuerdo con el tipo de semilla seleccionado, al finalizar se deberá obtener el tueste deseado. Posteriormente las semillas serán expulsadas de la cámara de tostado aprovechando el mismo movimiento y la apertura de una compuerta de salida.

CAPITULO 3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una máquina para el proceso del tostado de semillas utilizadas en la elaboración del pinole, lo que permitirá mejorar y estandarizar la calidad de éste mismo, así como aumentar la producción.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir una cámara de tostado, para una cantidad máxima de 20 Kg y mínima de 5kg de semillas.
- Diseñar un eje y sistema de transmisión de engranes.
- Seleccionar los rodamientos para el eje.
- Diseñar, construir y programar una interfaz.

CAPITULO 4. MARCO TEÓRICO

Una tostadora de granos es una máquina que permite someter algún tipo de grano a un tratamiento térmico para eliminar su humedad y obtener un producto quebradizo y fácil de moler.

4.1 TIPOS DE TOSTADORAS

En el tostado de semillas hay distintas máquinas que realizan dicho proceso, estas máquinas son del tipo:

4.1.1 TOSTADOR ROTATIVO HORIZONTAL POR TANDAS

Este tipo de máquina (Figura 1) consta de un tambor giratorio en posición horizontal, una hornilla ubicada en la parte inferior y el tambor permanece en rotación con la ayuda de un motor. Este tostador está diseñado para cualquier tipo de granos y el movimiento constante permite obtener un tostado uniforme en su coloración, sin presencia de granos quemados.

El sistema por tandas consiste en ingresar el producto una sola vez por cada ciclo de tostado, por tal motivo es utilizado en pequeña y mediana industria, donde la capacidad de tueste va de los 5kg hasta los 600kg [7].



Figura 1. Máquina tostadora rotatoria por tandas.

4.1.2 TOSTADOR ROTATIVO HORIZONTAL CONTINUO

Este método utiliza un sistema continuamente alimentado, que consiste en colocar el producto varias veces en un mismo ciclo de trabajo. Para el proceso del tueste cuenta con un tornillo sinfín que permite llevar el producto a través de la cámara de tostado desde su entrada hasta la salida, y durante ese trayecto se tuesta. Este método (Figura 2) es utilizado en grandes industrias porque permite tostar altas cantidades de manera rápida [7].

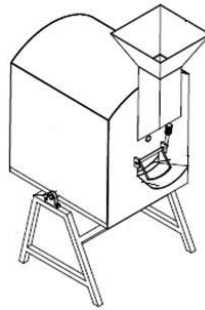


Figura 2. *Máquina tostadora rotativa horizontal continua.*

4.1.3 TOSTADOR VERTICAL CON AGITACIÓN POR PALETAS

El funcionamiento de esta tostadora inicia con el arranque del sistema motriz que hace girar el eje de las paletas, las cuales cumplen con la función de remover el producto a tostar; el calentamiento se realiza directamente debido al posicionamiento del cilindro de tueste. La extracción del producto sucede por el mismo movimiento de las paletas, que empujan el producto a la compuerta de descarga como se ve en la Figura 3 [7].



Figura 3. *Máquina tostadora vertical con agitación por paletas.*

4.2 ENGRANES

El engrane o engranaje es un mecanismo formado por dos ruedas dentadas. Dichas ruedas son piezas cilíndricas en cuya superficie se han tallado unos dientes. Situados en posición adecuada, los dientes de una rueda se introducen en los huecos de la otra, transmitiéndose el movimiento de manera que ambas ruedas giran en sentido contrario. Al engrane de mayor número de dientes se le denomina engrane o rueda y al de menor número piñón [8].

4.2.1 ENGRANES RECTOS

Los *engranes rectos*, tienen dientes paralelos al eje de rotación y se emplean para transmitir movimiento de un eje a otro eje paralelo. De todos los tipos, el engrane recto es el más sencillo (Figura 4) [9].

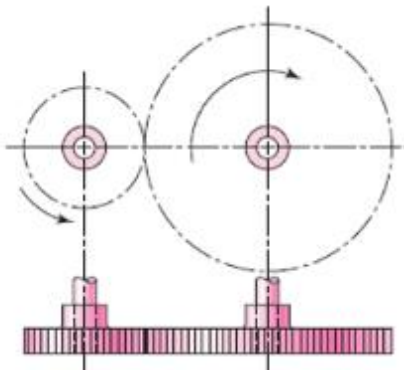


Figura 4. Engranés rectos.

4.2.2 ENGRANES HELICOIDALES

Los *engranes helicoidales* mostrados en la Figura 5, poseen dientes inclinados con respecto al eje de rotación y se utilizan para las mismas aplicaciones que los engranes rectos, sin embargo, estos tienen la posibilidad de transmitir movimiento entre ejes no paralelos. Asimismo, el diente inclinado desarrolla cargas de empuje y pares de flexión que no están presentes en los engranes rectos [9].

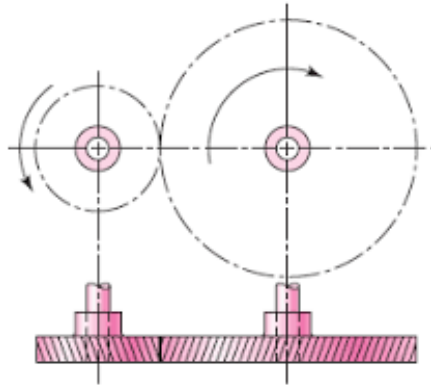


Figura 5. Engranés helicoidales.

4.2.3 ENGRANES CÓNICOS

Los *engranes cónicos* presentan dientes formados en superficies cónicas, se emplean principalmente para transmitir movimiento entre ejes que se intersecan como se observa en la Figura 6 [9].

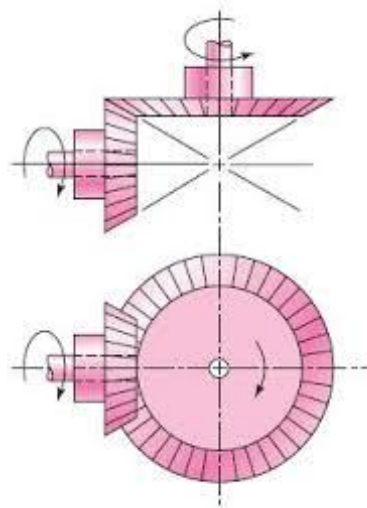


Figura 6. Engranés cónicos.

4.2.4 TORNILLO SINFÍN

El *tornillo sinfín* o *de gusano* (Figura 7) representa el cuarto tipo de engrane básico. El gusano se parece a un tornillo. Los engranajes de sinfín se emplean sobre todo cuando las relaciones de velocidad de los dos ejes son muy altas, de 3 o más [9].

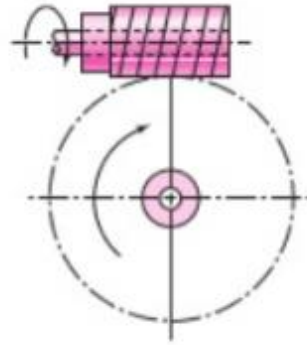


Figura 7. Engrane sinfín o de gusano.

4.2.5 NOMENCLATURA DE LOS ENGRANES

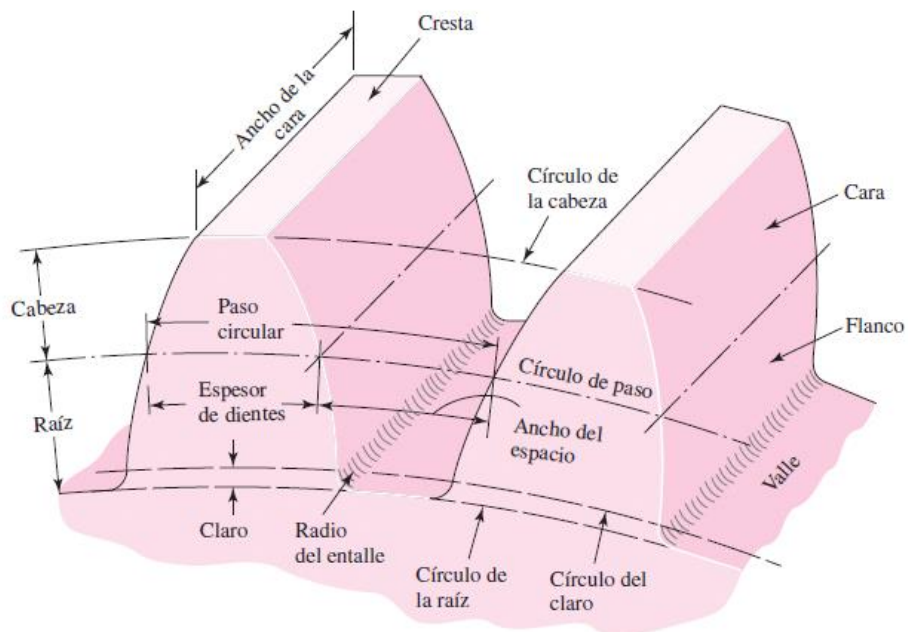


Figura 8. Nomenclatura de los dientes de engranes rectos.

El *paso diametral* P esta dado por la relación del número de dientes en el engrane respecto del diámetro de paso. Se expresa en dientes por pulgada.

La *cabeza (addendum)* a se determina por la distancia radial entre la cresta y el círculo de paso (Figura 8).

La *raíz (dedendum)* b equivale a la distancia radial desde el fondo hasta el círculo de paso.

La *altura, o profundidad total* h , es la suma de la cabeza y la raíz.

El *círculo del claro* es un círculo tangente al círculo de la cabeza del engrane acoplado.

El *claro* c esta dado por la cantidad por la que la raíz en un engrane dado excede la cabeza de su engrane acoplado. El *huelgo* se determina mediante la cantidad por la cual el ancho del espacio de un diente excede el grosor o espesor del diente de acoplamiento medido en los círculos de paso [9].

4.3 SENSORES DE TEMPERATURA ELÉCTRICOS

Los sensores de temperatura se utilizan para medir el calor para asegurar que algún proceso se encuentre bien dentro de un cierto rango, lo que proporciona seguridad en el uso de la aplicación.

Hay dos variables principales: sensores de temperatura con contacto y sin contacto. Los sensores de contacto incluyen termopares y termistores que hacen contacto con el objeto a medir, y los sensores sin contacto se encargan de medir la radiación térmica emitida por una fuente de calor para determinar su temperatura. Este último grupo mide la temperatura a distancia y a menudo se utilizan en entornos peligrosos [10].

4.3.1 SENSORES RESISTIVOS

Los sensores basados en la variación de la resistencia eléctrica de un dispositivo son probablemente los más abundantes. Ello se debe a que son muchas las magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia eléctrica de un material [11].

4.3.1.1 RTD

Los sensores de temperatura basados en la variación de una resistencia eléctrica se suelen designar con sus siglas inglesas RTD (Resistance Temperature Detector). El símbolo general para estos dispositivos es el mostrado en la Figura 9. La línea recta en diagonal sobre el resistor indica que varía de forma intrínseca lineal, y la anotación junto a dicha línea denota que la variación es debida a la temperatura y tiene coeficiente positivo [11].

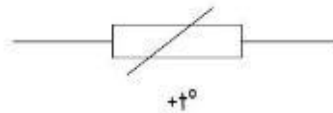


Figura 9. Simbología RTD.

4.3.1.2 Termistores

Son resistores variables con la temperatura, pero no están basados en conductores como las RTD, sino en semiconductores [11]. Si la resistencia aumenta con el incremento de la temperatura, el dispositivo se denomina termistor con coeficiente de temperatura positivo (PTC). Si la resistencia disminuye con el aumento de temperatura, el dispositivo se denomina coeficiente de temperatura negativo (NTC) [10, 11]. Los símbolos respectivos son los de la Figura 10, donde el trazo horizontal en el extremo de la línea inclinada indica que se trata de una variación no lineal [11].

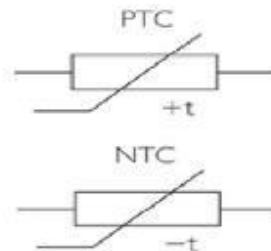


Figura 10. Simbología RTD con coeficiente de temperatura positivo (PTC) y negativo (NTC).

4.3.2 SENSORES GENERADORES

Se consideran sensores generadores aquellos que generan una señal eléctrica a partir de la magnitud que miden, sin necesidad de una alimentación eléctrica.

4.3.2.1 Termopares

Los sensores termoeléctricos se basan en dos efectos, uno es el efecto Thompson, el cual fue descubierto por Thomas J. Seebeck en 1822 y menciona que en un circuito de dos metales distintos homogéneos, con dos uniones a diferente temperatura, genera una corriente eléctrica. Es decir, hay una conversión de energía térmica a energía eléctrica, o bien, si se abre el circuito, una fuerza termo – electromotriz (f.t.e.m.) que depende de los metales y de la diferencia de temperaturas entre las dos uniones como se observa en la Figura 11. Al conjunto de estos dos metales distintos con una unión firme en un punto o una zona se le denomina termopar [11].

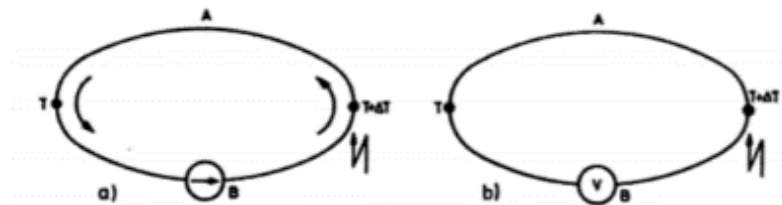


Figura 11. Efecto Seebeck en un termopar.

El segundo efecto, llamado efecto Peltier, descubierto por Jean C. A. Peltier en 1834, consiste en el calentamiento o enfriamiento de una unión entre dos metales distintos al pasar corriente por ella (Figura 12) [11].

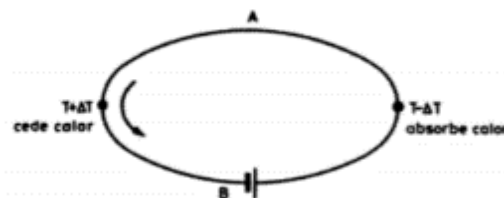


Figura 12. Efecto Peltier en un termopar.

4.4 PINOLE

El pinole es una bebida prehispánica de México que proviene de la palabra náhuatl *pinolli*, que significa harina de maíz y que por lo tanto se obtiene a partir de la harina de los granos de maíz molido y tostado, el cual tiene versatilidad que permite combinar con diferentes tipos de cereales y leguminosas, combinado con agua o leche para generar una bebida deliciosa y energizante, con menor cantidad de azúcares que las bebidas deportivas.

Una alternativa para mejorar el valor biológico de la proteína de los alimentos que se consumen es a través de las mezclas entre la leguminosas y cereales, con el fin de lograr una mayor calidad de la proteína en comparación con la que se obtiene al consumir estos granos por separado [1].

El señor Carlos del Hoyo Cabrera explica que el maíz tostado al que se le llama esquite se molía en el metate, con piloncillo, canela y en ocasiones le agregaban algo de garbanzo o haba seca tostada. Se tomaba con leche, solo, en atole y los arrieros o gente que iba a trabajar lejos de su casa lo llevaban en su itacate, el cual es una bolsa o mochila para cargar una provisión de comida [6].

4.5 PROCESO ARTESANAL DEL PINOLE

La elaboración del pinole está basada en 4 etapas:

1. Selección de las semillas
2. Limpieza
3. Tostado
4. Molienda

4.5.1 SELECCIÓN DE LA SEMILLA

Este apartado consiste en elegir las semillas utilizadas para elaborar el pinole, dichas semillas se seleccionan por tamaño, pues en la etapa de tostado éste debe ser uniforme y si se mezclan de distintos tamaños las más pequeñas quedan más tostadas que las grandes.

Otro punto para considerar es que las semillas estén en buena calidad, esto se refiere a que no estén picadas y que sean lo más natural posible, pues hay muchas semillas que las cosechan con demasiados químicos o fertilizantes, comenta Ma. Guadalupe Acosta Ávila productora de pinole en Jerez, Zacatecas.

4.5.2 LIMPIEZA DE LA SEMILLA

En esta etapa únicamente se enjuaga con agua cada tipo de semilla por separado haciendo uso de una coladera, esto para quitar el polvo o tierra que pudiera traer desde la cosecha.

4.5.3 TOSTADO

Al llevar los granos a altas temperaturas de 80, 90 o 100°C, se observan cambios físicos como la pérdida del agua contenida en la estructura, peso y apariencia de cada grano, cambiando de blanco a un color marrón o en su caso a un color negro humo si la variedad de la semilla es de color oscuro como se observa en la Figura 13.

Debido a la disminución de la humedad relativa, proceso al cual se le conoce como tostado, los granos se hinchan, pierden su peso y su estructura exterior se torna una tonalidad oscura.

Las propiedades de operación en este proceso son una temperatura de 100-140°C. Si se excede esta temperatura por un tiempo prolongado de tostado, provoca el quemado de la semilla, que muestra una tonalidad oscura “negra” y un deterioro con rajaduras en su estructura interior [12].

Actualmente en el proceso artesanal desarrollado por productores de Jerez, Zacatecas se realiza de manera manual, en el cual ponen una cierta cantidad de semillas en una charola extendida o en una cacerola (por lo regular entre 1 y 3 kg.), a fuego lento y comienzan a mover los granos con una cuchara. Este proceso es finalizado una vez que el productor observa el grano de un color específico, retirándolo del fuego, lo cual se puede traducir a un tiempo específico de tostado comenta Ma. Guadalupe Acosta Ávila.



Figura 13. Diferencia del maíz tostado.

4.5.4 MOLIENDA

Este proceso consta en la disminución del tamaño de todos los granos en conjunto pasando por un molino manual de manivela (Figura 14) ya sea con una o varias pasadas por el molino hasta obtener una tipo harina [13].



Figura 14. Molino manual.

CAPITULO 5. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad existen diversos productos alimenticios en los que se requiere del tostado de semillas, ya sea para producción de pinole, chocolate, chile, etc., sin embargo, el principio es el mismo. Los siguientes prototipos son muestra de tostadores desarrollados recientemente:

En la Pontificia Universidad Católica del Perú se desarrolló un prototipo de tostador de granos de cacao de 6 kg/hr como el de la Figura 15. que funciona con energía solar. Este prototipo brinda al agricultor una tecnología nueva de tostado que permite tostar 3 kg. de granos de cacao en media hora, es decir, 6 kg. en una hora en dos etapas [14].

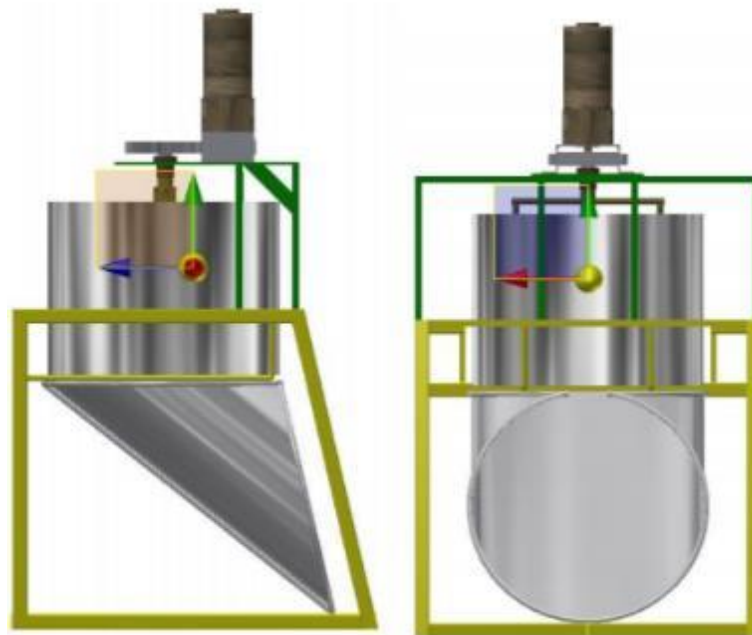


Figura 15. Tostador vertical.

El prototipo anterior entra en los tostadores tipo vertical con agitación por paletas, en cambio, el de la Figura 16 muestra un diseño de tipo rotativo horizontal por tandas, el cual fue desarrollado en la Universidad Técnica del Norte en Ibarra, Ecuador.

En la facultad de ingeniería en ciencias aplicadas de la universidad mencionada anteriormente, desarrollaron el proceso de investigación para diseñar e implementar una máquina tostadora de café de quinua, y comprobar el desempeño de la misma con el objetivo de mejorar el proceso de tostado del producto, con lo que lograron obtener un café de quinua más homogéneo.

Esta máquina fue diseñada para una capacidad de 11 Kg, con un tiempo de tueste de 45 minutos y un control para mantener la temperatura óptima de tueste determinada en 180°C [7].



Figura 16. Máquina tostadora.

Otro prototipo fue diseñado por alumnos de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), que consta en combinar en una sola máquina los procesos de morteadado, tostado y molienda, para la optimización del proceso del café tostado y molido de las empresas cafetaleras de Canalí Hidalgo para aumentar la producción de 2 sacos de café al día.

Para el prototipo mostrado en la Figura 17 rediseñaron máquinas ya existentes y lograron aumentar la producción a 8 sacos de café verde, equivalente a 151.2 Kg de café tostado y molido en un día, disminuyendo así mismo la mano de obra [15].

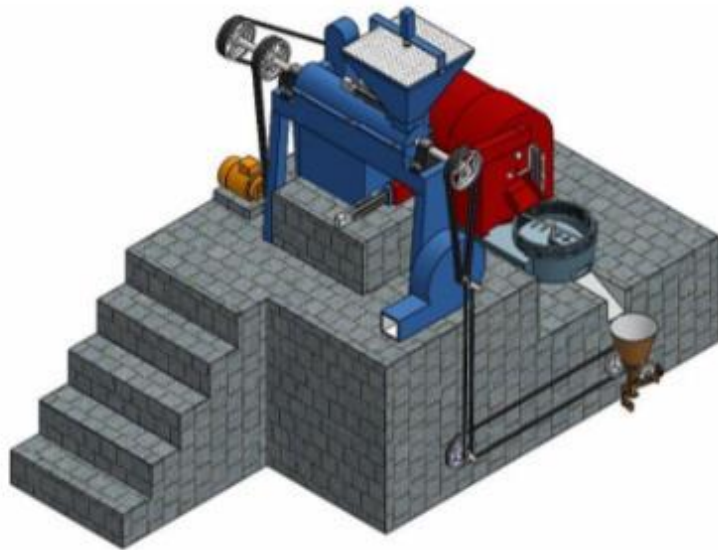


Figura 17. *Morteadado, tostado y molienda.*

CAPITULO 6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las actividades más desgastantes en la producción del pinole es el proceso del tostado, debido a que son grandes cantidades de semillas las que se tuestan y cada tipo de semilla posee altos tiempos de tostado, en los cuales, el productor está expuesto en todo momento a temperaturas de entre 50 y 60 grados indirectamente, pues debe estar agitando las semillas constantemente para que éstas adquieran un tostado uniforme, de lo contrario se queman o se arrebatan, término usado por la productora Ma. Guadalupe Acosta Ávila.

Un factor causante de aumentar el tiempo de tostado es que la temperatura de la flama de una estufa es de aproximadamente 100°C a fuego alto, temperatura con la cual las semillas están en contacto por medio de una cacerola disminuyendo aún más dicha temperatura.

El hecho de automatizar este proceso reduce el riesgo al que están expuestas las personas que realizan dicha actividad, además, permite disminuir los tiempos y aumentar la producción.

CAPITULO 7. DESARROLLO

El proyecto constará en diseñar una máquina para tostar las semillas de maíz, garbanzo, haba, frijol soya y cacao, que son utilizadas en la producción del pinole por el productor Ma. Guadalupe Acosta Ávila en el municipio de Jerez, Zacatecas. Un tipo de semilla será vertida por el usuario en una tolva, la cual está guiada hacia un contenedor que funcionará como cámara de tostado.

El sistema contará con un control manual mediante el cual se podrá seleccionar el tipo de semilla ingresada, dicha selección tendrá predefinido un tiempo de tostado, también se podrá accionar los actuadores por separado, así como activar un paro de emergencia. Ya que el usuario seleccione el tipo de semilla, podrá iniciar el tostado, el cual comienza con el accionamiento del motor que brindará la agitación, posteriormente un precalentado de la cámara de tostado haciendo uso de gas LP, al alcanzar una temperatura de 180°C pedirá al usuario introducir las semillas a la cámara de tostado. Una vez finalizado el tiempo de tostado, se abre una compuerta por donde serán expulsadas las semillas. El proceso descrito anteriormente se muestra en el siguiente diagrama de flujo (Figura 18).

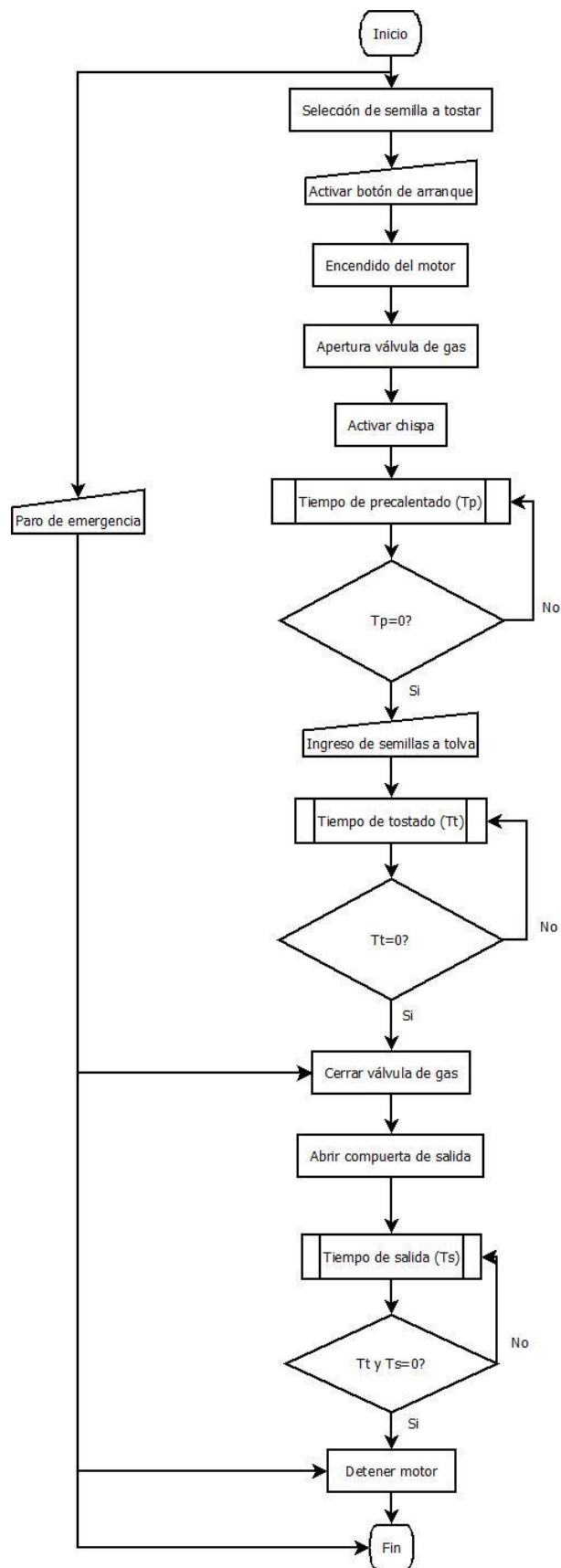


Figura 18. Diagrama de flujo del proceso de tostado.

7.1 IDENTIFICACIÓN DE UNA NECESIDAD

El proceso de tostado artesanal de semillas para la producción de pinole por productores de Jerez de García Salinas, Zacatecas, implica un incremento del costo del proceso y así mismo una baja productividad. Este incremento es causado por el elevado costo de la leña, pues este tipo de combustible es el utilizado para la actividad del tostado. Por razones ecológicas, el control que se tiene sobre la deforestación de árboles ha disminuido la oferta de este tipo de combustible.

Por otro lado, la baja productividad es debido al tiempo requerido por un operario para realizar dicho proceso, este tiempo comprende desde el encendido de la leña, hasta la obtención de las semillas tostadas, pasando por un movimiento continuo de las semillas en el cual el operario es expuesto a altas temperaturas.

7.2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El proceso del tostado de las semillas utilizadas en la elaboración del pinole artesanal se realiza de manera manual por personas, las cuales son encargadas de proveer el calor necesario a una cacerola, por medio de gas LP o leña. Este calor es el que eliminará el exceso de humedad de las semillas hasta llegar al tostado en su totalidad. Para que el tostado sea homogéneo en todas las semillas, la persona encargada del proceso realiza movimientos continuos.

Estas etapas del proceso son las que se requieren automatizar, después de haber ingresado las semillas, iniciando con un precalentado, posteriormente simulando el movimiento continuo y finalizando el proceso expulsando las semillas.

7.3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

En el proceso artesanal de tostado de semillas se manejan distintos tiempos de tostado para cada tipo de semilla, sin embargo, estos dependen meramente del productor, pues

él es quién observa el cambio de color del grano y define cuando ya le parece estar tostado.

Con base en esto, se hicieron mediciones sobre el tostado manual, de donde se obtuvieron los siguientes tiempos de tostado para 1 Kg de semillas (Tabla 1), realizando el proceso actualmente en cacerolas de acero inoxidable o aluminio en estufa:

Tabla 1. *Tiempos de tostado en 1 Kg de semillas.*

Semilla	Tiempo de tostado	Temperatura
Maíz	1hr y 15min	180°C
Haba	1hr	180°C
Frijol Soya	45min	180°C
Garbanzo	45min	180°C
Cacao	30min	180°C

Antes de tostar cada semilla se da un precalentado de la cacerola el cual fue de 2 min, tiempo que se tomará en cuenta para el precalentado de la máquina. Debido a que la manera de verificar los tiempos de tostado se realiza basándose en el color de la semilla se deberán hacer pruebas manuales de tostado una vez terminada la máquina para establecer los tiempos para cada semilla.

Así mismo se midió la cantidad de vueltas que se da a las semillas mientras éstas se están tostando y oscila entre 72 y 84 vueltas por minuto. Promediando las mediciones se obtuvo una velocidad de 78 vueltas por minuto, lo cual se traduce a 78 rpm y es este dato el que se utilizará para cálculos posteriores.

7.3.1 LIMITACIONES:

- Tostado únicamente de semillas preprogramadas y de dimensión mayor a un grano de arroz.
- Cantidad máxima para tostar de 20 Kg por tanda y mínima de 5 Kg.

7.3.2 ALCANCES:

- Tostar en su totalidad las semillas ingresadas.
- Obtener un tueste homogéneo.
- Aumentar la producción del productor.

7.4 DISEÑO CONCEPTUAL

Se realizaron distintas propuestas de diseño las cuales deberán cumplir con los objetivos del proyecto a través de la Tabla 2 de combinaciones conceptuales.

Tabla 2. Combinaciones conceptuales.

Posición	Accionamiento	Transmisión	Mezclado
Horizontal	Motor C.C./C.A.	Engranés	Agitación con paletas
Vertical	Manual	Banda	Rotación
		Cadena	Manual

The diagram shows arrows indicating relationships between cells in the table. A solid blue arrow points from 'Horizontal' to 'Motor C.C./C.A.'. A dashed orange arrow points from 'Horizontal' to 'Engranés'. A solid blue arrow points from 'Motor C.C./C.A.' to 'Engranés'. A dashed orange arrow points from 'Motor C.C./C.A.' to 'Agitación con paletas'. A solid blue arrow points from 'Engranés' to 'Agitación con paletas'. A dashed orange arrow points from 'Vertical' to 'Manual'. A solid blue arrow points from 'Manual' to 'Rotación'. A dashed orange arrow points from 'Manual' to 'Cadena'. A solid blue arrow points from 'Cadena' to 'Manual'. A dashed orange arrow points from 'Cadena' to 'Rotación'.

Con base en los distintos tipos de tostadoras mencionados en el marco teórico se realizaron tres diseños conceptuales mostrados en la Tabla 2, que son los siguientes:

DC1

Este primer diseño es de tipo tostador rotativo horizontal por tandas con las siguientes características:

- Posición: Horizontal.
- Accionamiento: Motor C.C.
- Agitación: Rotación.
- Transmisión: Engranés.

DC2

El siguiente diseño también es un tostador rotativo horizontal pero la transmisión es de cadena:

- Posición: Horizontal.
- Accionamiento: Motor C.A.
- Agitación: Rotación.
- Transmisión: Cadena.

DC3

Esta tercer propuesta es un tostador vertical con agitación por paletas:

- Posición: Vertical.
- Accionamiento: Motor C.A.
- Agitación: Paletas.
- Transmisión: Engranés.

7.5 ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADECUADA

Para la elección del diseño conceptual se realizó una tabla de pertinencia utilizando criterios de selección (Tabla 3):

Tabla 3. Tabla de pertinencia.

Criterios de selección	A	B	C	D	E	F	G	H	Total	Pertenencia
A. Cantidad de producción		0.5	1	1	1	1	0.5	1	6	0.21428571
B. Velocidad de producción	0.5		1	1	1	1	0.5	1	6	0.21428571
C. Proceso de manufactura	0	0		0.5	0.5	0	0	0	1	0.03571429
D. Menor número de piezas	0	0	0.5		0	0	0	0	0.5	0.01785714
E. Posición	0	0	0.5	1		0	0	0.5	2	0.07142857
F. Accionamiento	0	0	1	1	1		0	0	3	0.10714286
G. Transmisión	0.5	0.5	1	1	1	1		1	6	0.21428571
H. Mezclado	0	0	1	1	0.5	1	0		3.5	0.125
								Total	28	1

Posteriormente se toman las pertenencias obtenidas para cada criterio y se realiza la tabla de selección, asignando un porcentaje de desempeño de acuerdo con cada diseño

conceptual como se muestra en la Tabla 4, donde el 40% representa bajo desempeño, 60% un desempeño medio y 80% alto desempeño.

Tabla 4. Tabla de objetivos ponderados.

Objetivo	DC1	DC2	DC3	Pertenencia
Cantidad de producción	60%	80%	60%	0.21428571
	0.12857143	0.17142857	0.12857143	
Velocidad de producción	60%	80%	60%	0.21428571
	0.12857143	0.17142857	0.12857143	
Proceso de manufactura	80%	40%	60%	0.03571429
	0.02857143	0.01428571	0.02142857	
Menor número de piezas	60%	40%	80%	0.01785714
	0.01071429	0.00714286	0.01428571	
Posición	80%	80%	40%	0.07142857
	0.05714286	0.05714286	0.02857143	
Accionamiento	80%	80%	60%	0.10714286
	0.08571429	0.08571429	0.06428571	
Transmisión	80%	40%	60%	0.21428571
	0.17142857	0.08571429	0.12857143	
Mezclado	80%	40%	40%	0.125
	0.1	0.05	0.05	
Total	0.71071429	0.64285714	0.56428571	

De acuerdo con los resultados arrojados con la Tabla 4, se tiene que el diseño 1 obtuvo el mayor porcentaje promedio en relación con cada uno de los objetivos, por tal motivo el DC1 fue seleccionado para implementar en este proyecto.

7.6 DISEÑO DETALLADO

Después de haber seleccionado el diseño más adecuado para este proyecto se da pie al desarrollo del diseño detallado de cada elemento del proyecto, el cual se muestra en el siguiente modelo CAD (Figura 19).

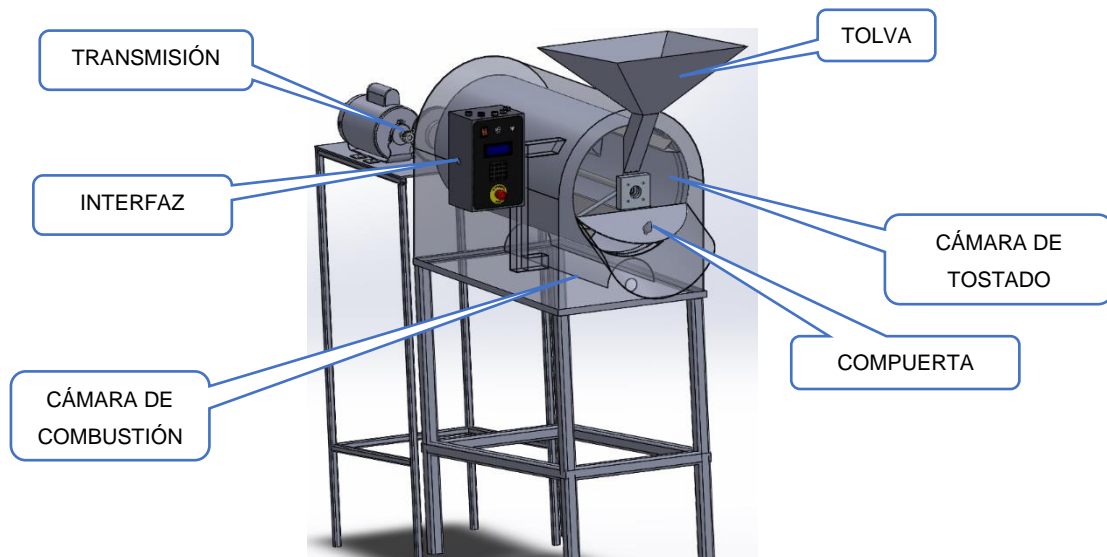


Figura 19. Modelo CAD de la tostadora.

Se dará inicio al diseño a partir del dimensionamiento de la cámara de tostado tipo contenedor cilíndrico horizontal con aletas, pues es aquí donde estarán contenidas las semillas y es necesario definir tanto las dimensiones, así como el peso total de la cámara de tostado, ya que estos elementos serán necesarios para los cálculos posteriores, como el sistema de transmisión, diseño del eje, selección de rodamientos, entre otros.

7.6.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE TOSTADO

Para determinar la dimensión de la cámara de tostado que soportará como máximo 20 Kg. de semillas es necesario encontrar el volumen de la semilla de mayor tamaño utilizadas para el proceso del tostado.

El volumen en un elipse es determinado mediante la siguiente ecuación:

$$Volumen\ Elipse = \frac{4 \cdot \pi \cdot R1 \cdot R2 \cdot R3}{3} \quad \text{ec. (1)}$$

Donde:

- R1: Ancho de la semilla entre dos.
- R2: Largo de la semilla entre dos.
- R3: Grosor de la semilla entre dos.

Partiendo del supuesto que la semilla de cacao mantiene un aspecto físico de tipo elipse se obtienen muestras de 150 granos seleccionados como se muestra en el Anexo 3. En la Tabla 5 se muestran los promedios de las muestras obtenidas.

Tabla 5. Promedios de las muestras de cacao.

Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Densidad (Kg/m ³)
9.306933637	1.102657464	1.152850667	1052.992366

Del total de muestras realizadas, se calculó el promedio del volumen de la semilla de cacao que es la más grande utilizada en el proceso del tostado:

$$Volumen_{promedio} = 1.103cm^3$$

Así mismo, se obtuvo el peso de cada una de las semillas mediante una báscula analítica marca OHAUS como se muestra en la Figura 20.



Figura 20. Balanza analítica OHAUS.

El peso promedio obtenido de las 150 semillas fue:

$$Peso_{promedio} = 1.1528 \text{ gramos}$$

La densidad promedio se obtuvo mediante el despeje de la ecuación (2):

$$V = \frac{m}{\delta} \quad \text{ec. (2)}$$

Despejando se tiene:

$$\delta = \frac{V}{m} \quad \text{ec. (3)}$$

Con lo que la densidad promedio calculada mediante la ecuación (3) es la siguiente:

$$\delta = 1052.992366 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

Con los datos anteriores, se puede determinar mediante la ecuación (2) que para 20 kilogramos que será la máxima capacidad del contenedor se necesita el siguiente volumen:

$$V_{tostado} = \frac{m}{\delta} = \frac{20\text{Kg}}{1052.992366 \text{ Kg}/\text{m}^3} = 0.0189935\text{m}^3$$

Siendo así, el volumen encontrado es solo para los 20 Kg de semillas, sin embargo, hay que considerar que éstas deben tener el espacio suficiente para poder moverse, es por ello que se propone ampliarlo. Por lo tanto, se realizaron varios diseños conceptuales.

Diseño 1

En primer lugar, se tomó el resultado anterior como el 50% del total del contenedor, de tal manera que el volumen final ($V_{tostadof}$) fue:

$$V_{tostado}(50\%) = 0.0189935\text{m}^3$$

$$V_{tostadof}(100\%) = 0.03797\text{m}^3$$

Para el cual se propuso un diámetro de 40 cm. para el cilindro del contenedor, obteniendo así el largo de dicho contenedor utilizando la formula del volumen de un cilindro.

$$V_{cilindro} = \pi * r^2 * h \quad \text{ec. (4)}$$

Despejando:

$$h = \frac{V}{\pi * r^2} \quad \text{ec. (5)}$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5) tenemos:

$$h = \frac{V_{tostadof(100\%)}}{\pi * r^2} = \frac{0.03797m^3}{\pi * (0.2m)^2} = 0.3023m$$

Como resultado tendremos un cilindro de 40 cm de diámetro y 30.23 cm de largo.

Diseño 2

De la misma manera se calculó el largo del cilindro, pero ahora con 30cm de diámetro.

$$h = \frac{V_{tostadof(100\%)}}{\pi * r^2} = \frac{0.03797m^3}{\pi * (0.15m)^2} = 0.5374m$$

Diseño 3

Ahora se consideró que el volumen obtenido solo representa el 40% del contenedor.

$$V_{tostado(40\%)} = 0.0189935m^3$$

$$V_{tostadof(100\%)} = 0.0474837m^3$$

Igualmente se propone un diámetro de 40cm, obteniendo el largo del cilindro.

$$h = \frac{V_{tostadof(100\%)}}{\pi * r^2} = \frac{0.0474837m^3}{\pi * (0.2m)^2} = 0.37786m$$

Diseño 4

Como cuarta propuesta se usó el diámetro de 30cm y se obtuvo el siguiente largo.

$$h = \frac{V_{\text{tostado}}(100\%)}{\pi * r^2} = \frac{0.0474837m^3}{\pi * (0.15m)^2} = 0.67176m$$

De los cuatro diseños se observa como en el Diseño 1 y el 3 los resultados son muy similares, acercándose de igual manera el Diseño 2, sin embargo, el contenedor resulta muy cuadrado.

En cambio, en el diseño 4 los resultados se muestran más proporcionales con 30cm de diámetro y 67.17 cm de largo, pero suponiendo que ya puesto en marcha se requiera un poco más de espacio se considerará un contenedor con 40 cm de diámetro y 80 cm de largo como cámara de tostado, añadiendo unas pequeñas aletas para permitir la agitación de las semillas como se observa en la Figura 21. Las dimensiones de la cámara de tostado se encuentran en el Anexo 4.

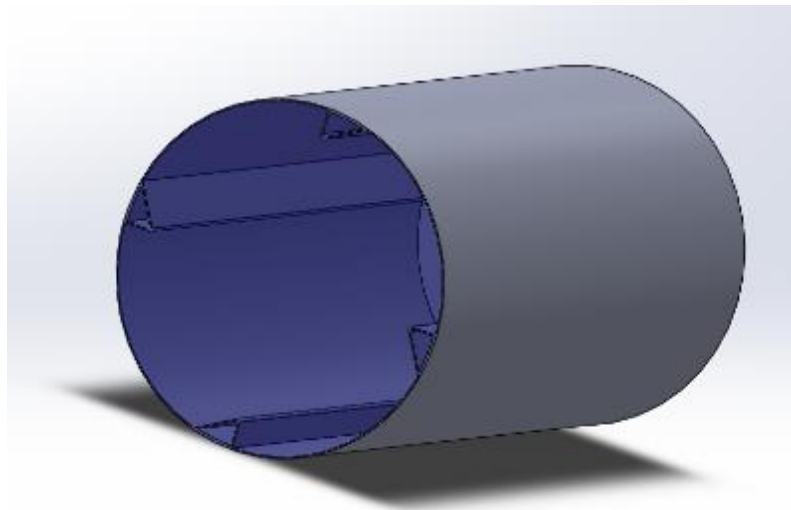


Figura 21. Cámara de tostado.

Para la elaboración de la cámara de tostado se utilizará una lámina de acero inoxidable tipo 304 (Anexo 10), comúnmente empleada en cocina por ser de grado alimenticio, la cual tiene una densidad de 8000 Kg/m³. Dicho acero tiene buena resistencia a la corrosión, además de desempeñarse bien a temperaturas elevadas [16].

Su composición química se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6. Composición química del acero inoxidable 304.

Carbono (C)	< 0.08 %
Cromo (Cr)	18 – 20 %
Níquel (Ni)	8 – 10.5 %
Azufre (S)	0.03 %
Manganeso (Mn)	< 2 %
Silicio (Si)	< 1 %

Para obtener el peso de la lámina que será utilizada en la cámara de tostado se despeja la ec. (2).

$$m = V * \delta \quad \text{ec. (6)}$$

La lámina utilizada es de calibre 14 que tiene un espesor (t) de 1.9 mm, dato que nos ayudará a obtener el volumen de la lámina utilizada en el contenedor y en la tapa lateral de la cámara.

$$V_{\text{contenedor}} = 2\pi rht = 2\pi(0.2m)(0.8m)(0.0019m) = 0.0019095m^3$$

$$V_{\text{tapa}} = \pi r^2 t = \pi(0.2m)^2(0.0019m) = 0.00023876m^3$$

$$V_{\text{total}} = 0.00214826m^3$$

Multiplicando por la densidad se tiene el peso total de la cámara de tostado:

$$m = 0.00023876m^3 * 8000 \frac{Kg}{m^3} = 17.19 Kg$$

El eje que estará transmitiendo la rotación a la cámara de tostado tiene un diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulgada, un largo de 1 m y también es de acero, por lo que su peso es el siguiente.

$$V_{eje} = \pi r^2 h = \pi (0.01905m)^2 (1m) = 0.0011401m^3$$

$$m = 0.0011401m^3 * 8000 \frac{Kg}{m^3} = 9.121 Kg$$

Tomando el peso máximo a tostar que es de 20 Kg, el de la cámara de tostado y del eje se obtuvo el peso total que soportará el motor y los rodamientos.

$$m = 20 + 17.19 + 9.121 = 46.31 Kg$$

Multiplicado por un factor de seguridad de 1.5.

$$m_{total} = 1.5 * 46.31 = 69.5 \approx 70 Kg$$

Ya que se tiene el peso total del sistema de tostado se puede hacer la selección de rodamientos, considerando esta carga puramente radial.

7.6.2 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE DE LA CÁMARA DE TOSTADO

Se considera que la tostadora estará en uso continuo 8 horas al día a una velocidad de 78 rpm, de tal manera que la vida útil especificada será de 20,000 a 30,000 horas de funcionamiento, según el catálogo de rodamientos de SKF [17].

La fórmula para calcular la vida nominal en horas de funcionamiento (L_{nmh}) es:

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60n} L_{nm} \quad \text{ec. (7)}$$

De la cual se despeja la vida en número de ciclos (L_{nm}).

$$L_{nm} = \frac{L_{nmh}}{10^6/60n} = \frac{30000}{10^6/60(78)} = 144.4 \text{ millones de ciclos}$$

Ahora se requiere verificar que cada uno de los dos rodamientos que tendrá el eje, soporten la carga aplicada de 70 Kg o 686.7 N mediante la fórmula de la vida nominal SKF.

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad \text{ec. (8)}$$

Donde:

L_{nm} : es la vida nominal SKF en número de ciclos.

a_1 : es el factor de ajuste de vida para una mayor fiabilidad.

a_{SKF} : es el factor SKF.

C : es la capacidad de carga básica dinámica.

P : es la carga aplicada.

p : es el exponente de la ecuación de la vida, siendo 3 para rodamientos de bolas y 10/3 para rodamientos de rodillos.

Para este diseño el proveedor asegura una confiabilidad en la vida del rodamiento del 99% por lo cual el factor de ajuste de vida $a_1 = 0.21$ de acuerdo con el catálogo.

Como la aplicación que se le dará al rodamiento lo expone a altas temperaturas (110°C) se selecciona un rodamiento con estabilidad dimensional hasta 200°C, que corresponde a una clase de estabilización S1.

Considerando la clase de estabilización se seleccionó el rodamiento rígido de bolas con designación W6203-2RS1 el cual tiene una capacidad de carga estática C_o de 4.65 kN y una carga límite de fatiga P_u de 0.2 kN. Las dimensiones y características de dicho rodamiento se muestran en el Anexo 11.

El diámetro medio del rodamiento esta dado por la siguiente fórmula.

$$d_m = 0.5(D + d) \quad \text{ec. (9)}$$

$$d_m = 0.5(40 \text{ mm} + 17 \text{ mm}) = 28.5 \text{ mm}$$

Para rodamientos con diámetro medio menor a 100 mm y con contaminación normal el factor n_c es de 0.6. Por lo tanto, del diagrama del factor a_{SKF} para rodamientos estándar radiales de bolas se tiene:

$$n_c \frac{P_u}{P} = 0.6 \frac{200N}{686.7N} = 0.175$$

$$\therefore a_{SKF} = 4.1$$

Sustituyendo en la ecuación (8):

$$144.4 = (0.21)(4.1) \left(\frac{C}{686.7N} \right)^3$$

Resolviendo para C, se obtiene:

$$C = 3.75 \text{ kN}$$

Por lo tanto, se tuvo como resultado que la carga aplicada no supera la capacidad de carga estática del rodamiento seleccionado, lo que quiere decir que si soportará.

7.6.3 SELECCIÓN DE ENGRANES

Como la tostadora solo se encuentra en rotación con respecto al eje X (Figura 22), se obtuvo el momento de inercia de la tostadora el cual está dado por la siguiente fórmula para cilindros huecos:

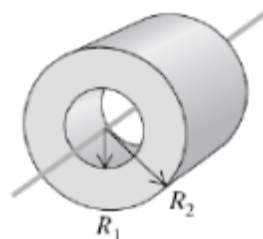


Figura 22. Cilindro hueco.

$$I_x = \frac{m(r_1^2 + r_2^2)}{2} \quad \text{ec. (10)}$$

Donde:

m, es la masa total del sistema.

a, es el radio interno del cilindro.

b, es el radio externo del cilindro.

$$I_x = \frac{70Kg(0.2m^2 + 0.2019m^2)}{2} = 2.8267 \text{ Kgm}^2$$

Multiplicando por la aceleración, tenemos:

$$\omega_{ang} = 78rpm$$

$$v = (78rpm) \left(\frac{2\pi}{60s} \right) = 8.1681 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = 8.1681 \text{ rad/s}^2$$

$$T_{inercia} = (2.8267 \text{ Kgm}^2) (8.1681 \text{ rad/s}) = 23.08 \text{ Nm}$$

El par de torsión necesario para empujar las semillas se obtiene de la multiplicación de la masa contenida dentro del cilindro con el radio del mismo:

$$T_{empuje} = (30 \text{ Kg})(0.2m) = 6 \text{ Kgm} = 58.8 \text{ Nm}$$

Comparando el momento de inercia y el generado por el empuje de las semillas, se tiene que el segundo es mayor, por lo cual se tomará en cuenta para la selección de engranes. Es necesario convertir el par de torsión a potencia en HP, puesto que los engranes se seleccionan de acuerdo con su capacidad de potencia.

$$(58.8 \text{ Nm}) \left(\frac{1}{745.669 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}} \right) (78 \text{ rpm}) \left(\frac{2\pi}{60} \right) = 0.64 \text{ HP}$$

Considerando impacto ligero y trabajo de 8 a 10 horas por día, se obtiene de la tabla de factor de servicio del catálogo de engranes Martin un factor de 1.25 [18].

La potencia de diseño quedaría de la siguiente manera:

$$DHP = 1.25(0.6 \text{ HP}) = 0.75 \text{ HP}$$

Con lo cual se determinó usar un motor monofásico de $\frac{3}{4}$ HP el cual tiene una velocidad de 1735 rpm, su hoja de datos se encuentra en el anexo 9 obtenida del catálogo de motores SIEMENS 2013 [19].

Como se mencionó en el apartado de especificaciones de diseño se requiere una velocidad de 78 rpm, de tal manera que tenemos la siguiente relación:

$$m_v = \frac{w_p}{w_g} = \frac{1735}{78} = 22.24 \approx 23$$

$$\sqrt{23} = 4.79$$

Se diseñó una transmisión de engranes tipo tren de engranajes compuesto, de dos etapas como el de la Figura 23, sin embargo, los ejes del engrane 2 y 5 no quedarán alineados como se observa en la figura.

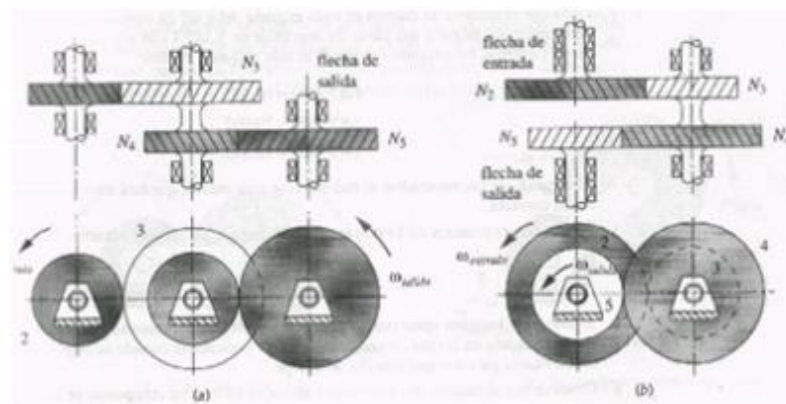


Figura 23. Tren de engranajes.

Para ello, fue necesario seleccionar los piñones y engranes necesarios para cumplir con la relación de velocidad, el piñón es el engrane de menor número de dientes y el engranaje es el de mayor número de dientes. Según Norton el número mínimo de dientes en el piñón para engranes con ángulo de presión de 20° es de 18 dientes [20].

No obstante, la selección se realizó tomando en cuenta que soporten la potencia entregada por el motor y con la condición de que el diámetro interno del piñón de entrada, así como del engrane de salida sean de 5/8 in, puesto que el eje del motor es de ese diámetro y en el eje principal de la cámara de tostado el diámetro debe ser menor a los 17 mm del rodamiento, lo cual son aproximadamente 0.66 in. Buscando en el catálogo 4000 de engranes de Martin se encontraron los engranajes TS1620, TS16104, TS2028 Y TS20120, los cuales cumplen con la relación necesaria [18].

Para la relación de entrada se eligió un piñón de 20 y un engranaje de 104 dientes (Anexo 13) ambos con un ancho de cara $F=3/4$ in, con paso diametral 16. La designación de cada engrane es la siguiente TS1620 y TS16104 respectivamente. Con la selección anterior se tiene la siguiente relación.

$$\frac{104}{20} = 5.2$$

Para la relación de salida se seleccionó un piñón de 28 y un engranaje de 120 dientes (Anexo 14) ambos con un ancho de cara $F=1/2$ in, en paso diametral 20. La relación es la siguiente.

$$\frac{120}{28} = 4.2857$$

Multiplicando ambas relaciones se tiene una relación total de 22.285714. La relación que se necesita es 22.24, lo que da un error menor al 1% y se tendrá la siguiente velocidad final.

$$\frac{1735}{22.285714} = 77.8525 \text{ rpm}$$

Posteriormente se verificó que cada uno de los cuatro engranes tenga una capacidad de potencia igual o mayor a 0.75 HP en relación con la velocidad de funcionamiento según las tablas de capacidad de potencia del catálogo de engranes Martin mostradas en el Anexo 15 y Anexo 16 para los engranes seleccionados.

Para ello fue necesario realizar interpolaciones, pues no se muestran las capacidades de potencia para las siguientes velocidades (Tabla 7).

Tabla 7. Velocidades de cada etapa de la transmisión.

Velocidades		
Velocidad de eje motriz	Velocidad de eje intermediario	Velocidad de eje de salida
1735 rpm	333.654 rpm	77.85 rpm

Para el piñón impulsor de entrada se seleccionó el engrane TS1620 y se determinó que soporte la potencia aplicada.

Tabla 8. Capacidad de potencia del piñón TS1620.

1200 rpm	1735 rpm	1800 rpm
3.28 HP	X	4.35 HP

$$\frac{1800 - 1200}{4.35 - 3.28} = \frac{1800 - 1735}{4.35 - x}$$

Resolviendo para X:

$$x = 4.23 \text{ HP} \therefore \text{Si soporta}$$

Para el engrane impulsado de entrada se seleccionó el engrane TS16104 y de igual manera se determina si soporta.

Tabla 9. Capacidad de potencia del engrane TS16104.

	300 rpm	333.654 rpm	500 rpm
96 dientes	6.82 HP		10.78 HP
100 dientes	7.12 HP		11.25 HP
104 dientes	X1	X	X2

Resolviendo para X1 y X2:

$$x1 = 7.42 \text{ HP}$$

$$x2 = 11.72 \text{ HP}$$

$$\frac{500 - 300}{11.72 - 7.42} = \frac{500 - 333.654}{11.72 - x}$$

Resolviendo para X:

$$x = 8.14 \text{ HP} \therefore \text{Si soporta}$$

Lo mismo se hace para el piñón impulsor de salida, seleccionando el engrane TS2028.

Tabla 10. Capacidad de potencia del piñón TS2028.

300 rpm	333.654 rpm	500 rpm
0.68 HP	X	1.09 HP

$$\frac{500 - 300}{1.09 - 0.68} = \frac{500 - 333.654}{1.09 - x}$$

Resolviendo para X:

$$x = 0.75 \text{ HP} \therefore \text{Si soporta}$$

Se seleccionó el engrane TS20120 para el engrane impulsado de salida.

Tabla 11. Capacidad de potencia del engrane TS20120.

50 rpm	77.85 rpm	100 rpm
0.66 HP	X	1.31 HP

$$\frac{100 - 50}{1.31 - 0.66} = \frac{100 - 77.85}{1.31 - x}$$

Resolviendo para X:

$$x = 1.02 \text{ HP} \therefore \text{Si soporta}$$

Los cuatro engranes seleccionados soportan la capacidad de potencia del motor a $\frac{3}{4}$ HP, por lo cual ahora se deben seleccionar los rodamientos para el eje intermediario de la transmisión.

7.6.4 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE DE LA TRANSMISIÓN

Tomando en cuenta el peso del eje intermediario y el peso de ambos engranes (TS16104 y TS2028), tenemos un total de 4.499 Kg. Aplicando un factor de seguridad de 1.5 quedaría un peso radial de 6.75 Kg.

La velocidad en este eje es de 333.654 rpm, además, tomando la misma condición de funcionamiento que en los rodamientos del eje de la cámara de tostado se tiene una vida útil de 30,000 horas, por lo cual la vida en ciclos estimada mediante la ecuación 7 despejada es la siguiente:

$$L_{nm} = \frac{L_{nmh}}{10^6/60n} = \frac{30000}{10^6/60(333.654)} = 600.5772 \text{ millones de ciclos}$$

Como la carga es únicamente radial, de la lista de rodamientos rígidos de bolas se seleccionó uno considerando que el diámetro interno debe ser menor a 1.27 cm debido a que este es el diámetro más pequeño de los engranes acoplados al eje intermediario.

Por tal motivo se seleccionó el rodamiento con designación W 61800-2RS1 el cual tiene un diámetro interno de 10 mm y una capacidad de carga estática de 0.83 kN. La carga límite de fatiga es $P_u=0.036$ kN, las demás dimensiones y características se muestran en el Anexo 17.

Se eligió un factor $n_c=0.6$ para un nivel de contaminación normal, la cual es una condición típica en rodamientos engrasados de por vida y con placas de protección según SKF.

Para obtener el factor a_{SKF} , se tiene que:

$$n_c \frac{P_u}{P} = 0.6 \frac{36 N}{66.22 N} = 0.326$$

$$\therefore a_{SKF} = 8$$

Sustituyendo los valores necesarios en la ecuación (8) y resolviendo para C, se tiene:

$$600.5772 = (0.21)(8) \left(\frac{C}{66.22 N} \right)^3$$

Resolviendo para C, se obtiene:

$$C = 0.469 \text{ kN}$$

Lo cual nos da como conclusión que soportará la carga aplicada, pues representa aproximadamente la mitad de la capacidad de carga que soporta el rodamiento.

7.6.5 DISEÑO DEL EJE DE LA TRANSMISIÓN

Ya se comprobó que los elementos seleccionados para la transmisión soporten las cargas aplicadas, sin embargo, resta analizar que el eje intermediario en el que estarán montados los engranes soporte el par de torsión, así como el peso de los engranes a la velocidad a la que estará expuesto.

Para determinar los diámetros de cada sección del eje se toman los diámetros internos del engrane TS16104 y del TS2028, así como también de los rodamientos W61800-2RS1, dichas dimensiones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12. Especificaciones para eje intermediario de la transmisión.

Elemento	Diámetro interno	Ancho
Engrane TS16104	3/4 in = 19.05 mm	1.5 in = 38.1 mm
Engrane TS2028	5/8 in = 15.875 mm	0.9375 in = 23.8125 mm
Rodamiento W61800-2RS1	10 mm	5 mm

De acuerdo con las especificaciones anteriores se realizó el diseño del eje como se muestra en la Figura 24, sus dimensiones se encuentran en el Anexo 5.

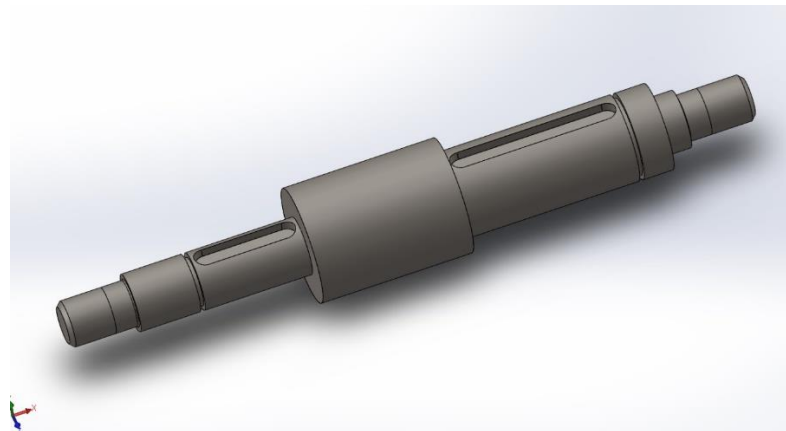


Figura 24. Eje intermediario de la transmisión.

Para verificar que el eje realmente soporte la carga y el torque aplicado se realizaron estudios mediante el software SolidWorks, en el cual se aplicaron las cargas correspondientes, así como el material que se utilizará el cual es acero 4140, usado comúnmente en ejes. Los resultados del análisis estático de esfuerzos se muestran en la Figura 25, donde se observa que el esfuerzo aplicado está muy por debajo del límite elástico del material.

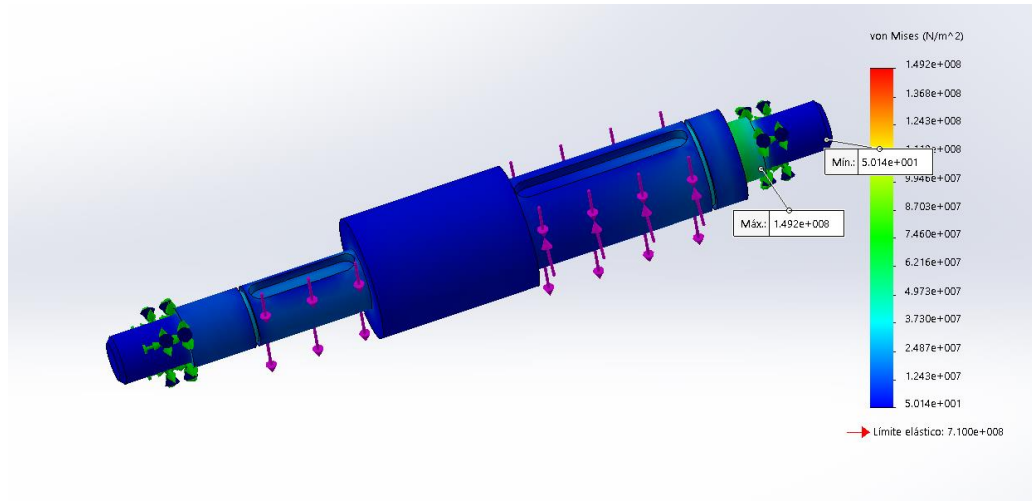


Figura 25. Análisis estático de Von Mises del eje intermediario de la transmisión.

De igual manera se comprobó que el factor de seguridad es mayor a 1 (Figura 26).

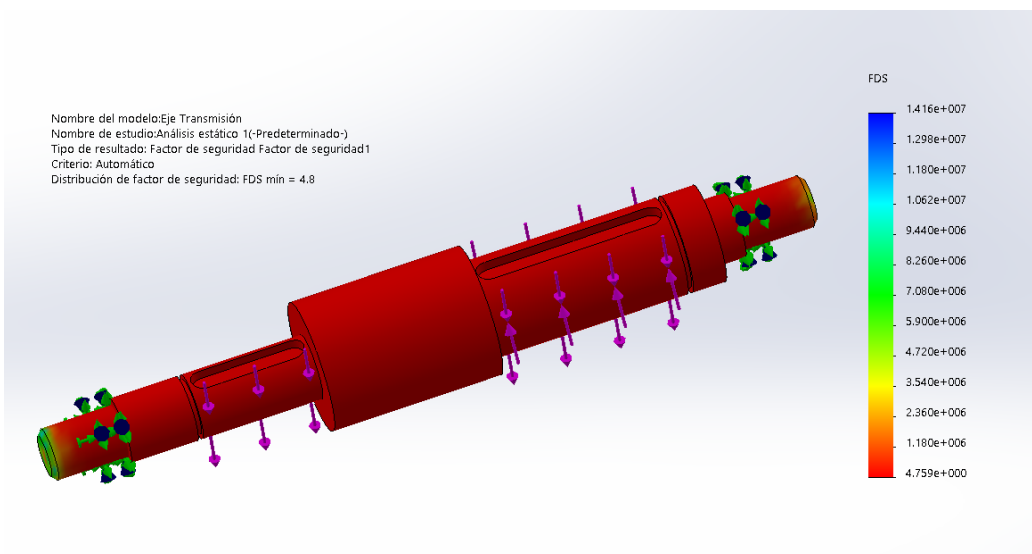


Figura 26. Factor de seguridad del eje intermediario de la transmisión.

7.6.6 DISEÑO DEL EJE DE LA CÁMARA DE TOSTADO

Lo mismo se realizó para el eje de la cámara de tostado, el cual deberá soportar 20 Kg, que es la cantidad máxima de semillas ingresadas, sin embargo, se considera un factor de seguridad de 1.5 por lo cual el estudio se realizará con 30 Kg y con acero inoxidable 304.

Para el diseño de este eje se tomaron en cuenta los diámetros internos de los rodamientos a utilizar, así como también el diámetro interno del engrane de salida de la transmisión, pues este es quien transmite el torque a la cámara de tostado para hacerla girar.

En este sentido se realizó el estudio y se obtuvo que, si bien no soporta lo suficiente como el eje anterior, tampoco supera el límite elástico del material como se presenta en la Figura 27.

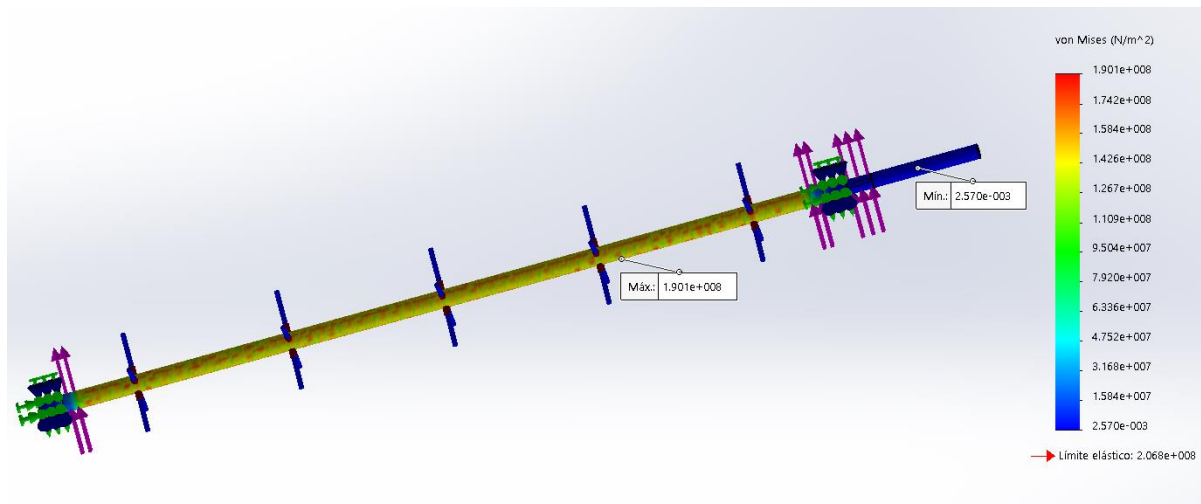


Figura 27. Análisis de esfuerzos en el eje de la cámara de tostado.

Además, podemos ver que el factor de seguridad del eje se encuentra por arriba de 1 (Figura 28).

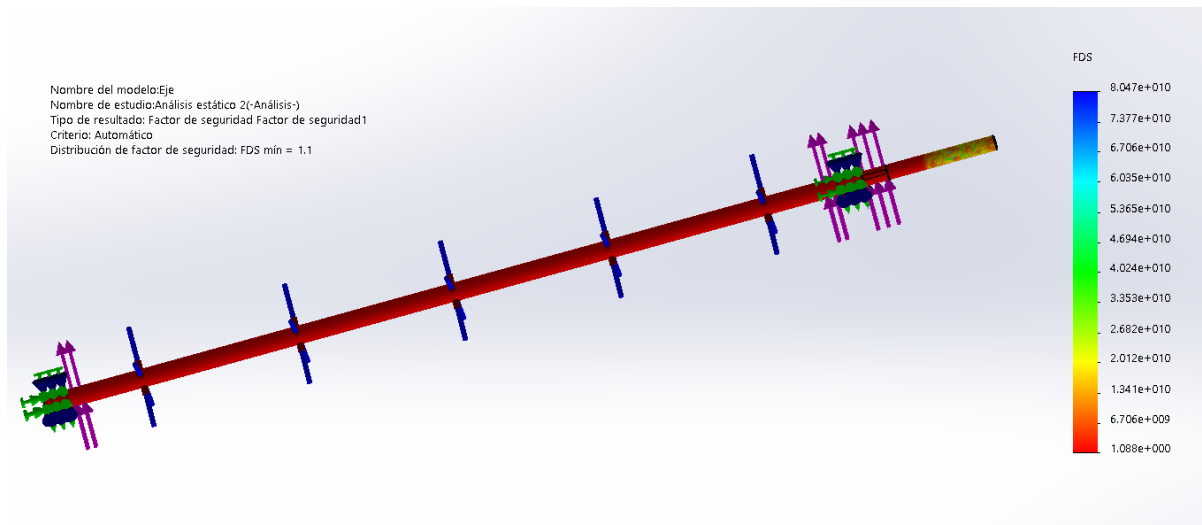


Figura 28. Factor de seguridad en el eje de la cámara de tostado.

Las dimensiones del eje mostrado anteriormente se encuentran en el Anexo 6.

7.6.7 DISEÑO DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

Por otro lado, la cámara de combustión se realiza a partir de las dimensiones de la cámara de tostado, por lo que deberá ser mayor a 40 cm de diámetro y 80 cm de largo. Además, será necesario dejar un orificio por donde entrarán las semillas y al cual se unirá una tolva, así como también un orificio para la compuerta de salida, como se muestra en la Figura 29 de acuerdo con los planos (Anexo 7).

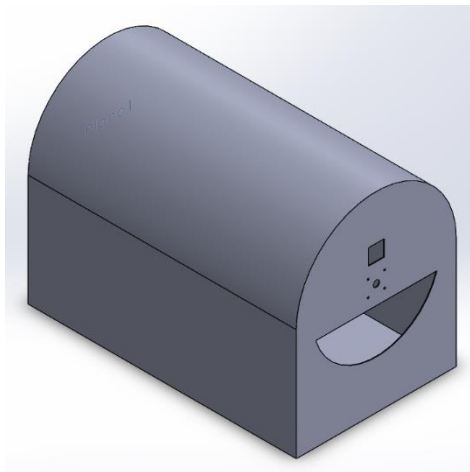


Figura 29. Cámara de combustión.

7.6.8 DISEÑO DE LA BASE DE LA MAQUINA

También se requiere una base que soporte toda la máquina tostadora. Dicha base se realizará con PTR de acero de 1.5 in y para asegurar que ésta estructura soporte se realizó un estudio en software, que arrojó el siguiente resultado (Figura 30), en el cual es notorio que el factor de seguridad es muy alto para dicha estructura, lo que brinda mayor confiabilidad. Las dimensiones se encuentran en el Anexo 8.

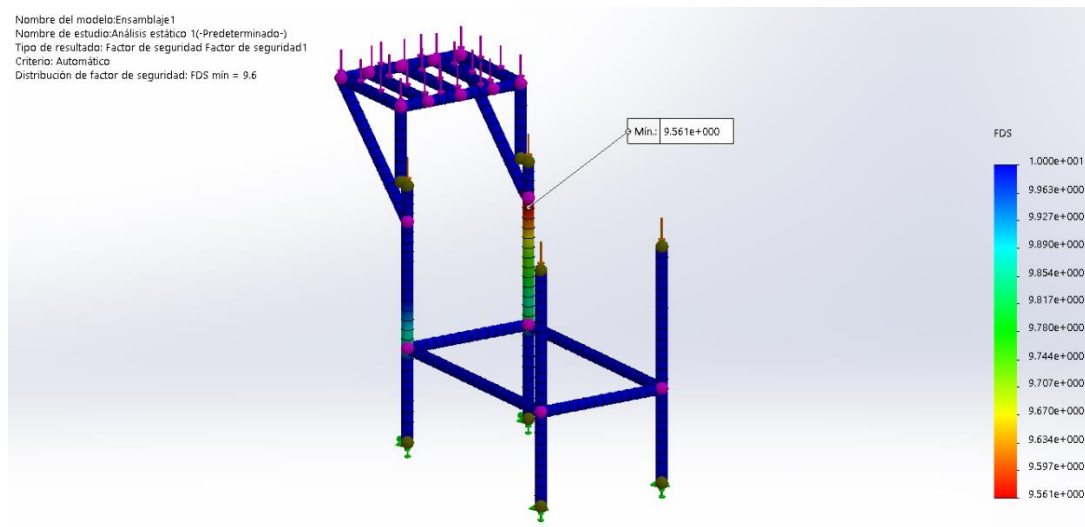


Figura 30. Base de PTR para la máquina de tostado.

Ya se tienen diseñados todos los elementos mecánicos de la máquina, ahora se realizará el diseño de la interfaz mediante la cual se va a manipular la tostadora.

7.6.9 DISEÑO DE LA INTERFAZ

Con base en el funcionamiento de la tostadora mostrado en la Figura 18 se diseñó una máquina de estados, tomando en cuenta los siguientes estados, eventos y acciones expresados en la Tabla 13, los cuales serán programados en la tarjeta electrónica programable ARDUINO, que permite la creación rápida de prototipos y su diseño es de código abierto basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar [21].

Tabla 13. Especificaciones para la máquina de estados del sistema de tostado.

Estados	Eventos	Acciones
E1: Dormido	S1: Inicio	A1: Apertura de válvula
E2: Precaentado	S2: Sensado de temp.	A2: Generador de chispa
E3: Tostado	S3: Tiempo tostado (TP)	A3: Accionamiento de motor
E4: Expulsión	S4: Tiempo expulsión (TE)	
E5: Expulsión emergencia	S5: Paro de emergencia	
	S6: Expulsión manual	

La máquina de estados se muestra en la Figura 31, la cual funcionará de la siguiente manera:

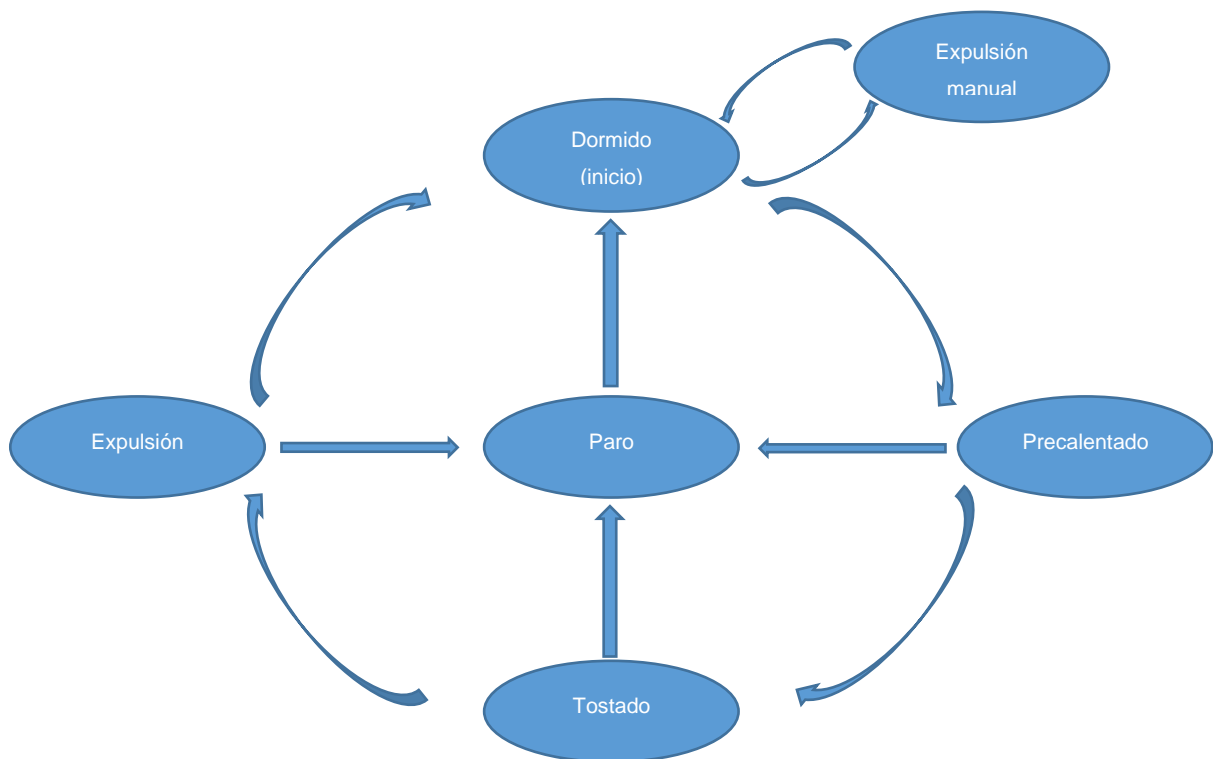


Figura 31. Máquina de estados del sistema de interfaz.

Desde que la máquina es encendida, inicia en un estado “Dormido”, el cual es el punto inicial y final del sistema. En dicho estado se encuentra habilitado un menú en una pantalla LCD con botoneras manuales en donde se puede seleccionar el tipo de semilla que se va a tostar, así como la cantidad de semilla (entre 5 y 20 Kg), modificar el tiempo de tostado y de expulsión e iniciar el proceso de tostado.

También en este estado, se encuentra habilitado un interruptor para permitir la expulsión manual de las semillas en caso de que sea necesario, la válvula de suministro de gas se encuentra apagada, al igual que el motor y la chispa de encendido del gas.

Una vez que es seleccionado el tipo y cantidad de semilla e iniciado el proceso, se abre la válvula de gas, se activa la chispa y se enciende el motor, pasando de esta manera al estado 2 de “Precalentado”, deshabilitando el uso del menú con sus botoneras, así como el interruptor de expulsión manual. El sistema se mantiene en este estado hasta que el sensor de temperatura alcanza los 110°C, dicho sensor funciona como interruptor para cambiar al siguiente estado.

En el tercer estado, llamado “Tostado”, se enciende un indicador para que el usuario introduzca las semillas y presione continuar. En este momento inicia un temporizador con un tiempo predefinido (tiempo de tostado) de acuerdo con el tipo de semilla seleccionado. Al finalizar dicho tiempo las semillas ya deberán estar tostadas y se estará pasando al último estado, la “Expulsión”, en donde se cerrará la válvula de gas y por un tiempo definido (tiempo de expulsión) se abrirá una compuerta de forma manual para permitir la salida de las semillas de la cámara de tostado mientras se siguen agitando.

Al término de la expulsión, se regresará al estado inicial dormido donde todos los actuadores quedarán apagados y se habilitará nuevamente el menú y las botoneras para permitir seleccionar el mismo u otro tipo de semilla, en caso de que se desee realizar otro tostado.

Por otro lado, se cuenta con un quinto estado, “Expulsión emergencia”, que se activa únicamente estando en el estado dormido mediante el interruptor de expulsión manual. Este interruptor permitirá accionar el motor para realizar la expulsión de las semillas al abrir la compuerta. Se regresará al estado dormido al desactivar el interruptor mencionado anteriormente.

Además, se tendrá una pantalla LCD en la cual se podrá interactuar con la máquina de tostado. No obstante, se requiere de un menú que permita facilitarlos, el cual es el siguiente:

Pantalla principal

Se mostrará en la parte superior la semilla seleccionada actualmente (por defecto maíz) así como la cantidad de semilla actual (por defecto cantidad mínima 5 Kg).

En la parte inferior el menú.

Elija una opción:

- 1.- Tipo de semilla
- 2.- Cant. de semilla

Al seleccionar una de las dos opciones anteriores se mostrará el siguiente submenú respectivo.

Submenú Tipo de semilla

Elija una opción:

- 1.- Maíz
- 2.- Haba
- 3.- Frijol Soya
- 4.- Garbanzo
- 5.- Cacao
- 6.- Regresar

Submenú Cant. semilla

Ingrese la cantidad de semilla

(Mín. 5, Máx. 20)

La presentación en pantalla del menú y los submenús será la mostrada en las Tabla 14-17. Este menú lo podemos ver programado en Arduino en el Anexo 18:

Tabla 14. Menú principal de la interfaz.

E	L	I	J	A		U	N	A		O	P	C	I	Ó	N				
1	.	T	I	P	O		D	E		S	E	M	I	L	L	A			
2	.	C	A	N	T	.		D	E		S	E	M	I	L	L	A		
3	.	M	O	D	I	F	I	C	A	R		T	O	S	T	A	D	O	X

Tabla 15. Submenú tipo de semilla de la interfaz.

E	L	I	J	A		U	N	A		O	P	C	I	Ó	N				
1	.	M	A	Í	Z				F	4	.	C	A	C	A	O			
2	.	H	A	B	A					5	.	G	A	R	B	A	N	Z	O
3	.	F	R	I	J	O	L			6	.	R	E	G	R	E	S	A	R

Tabla 16. Submenú cantidad de semilla.

I	N	G	R	E	S	E		L	A		C	A	N	T	I	D	A	D	
D	E		S	E	M	I	L	L	A	S		A		T	O	S	T	A	R
(M	I	N	.		5	,		M	A	X	.		2	0	K	G)	

Tabla 17. Submenú modificar tostado.

E	L	I	J	A		U	N	A		O	P	C	I	Ó	N				
1	.	T	E	M	P	.		D	E		T	O	S	T	A	D	O		
2	.	T	I	E	M	P	O		D	E		S	A	L	I	D	A		
3	.	R	E	G	R	E	S	A	R										

La pantalla al momento de iniciar el proceso del tostado se mostrará de la siguiente forma:

Tabla 18. Pantalla en estado operativo.

F	R	I	J	O	L		S	O	Y	A					2	0	K	G	
T	E	M	P	E	R	A	T	U	R	A	:		1	8	0	°	C		
E	S	T	A	D	O	:		P	R	E	C	A	L	E	N	T	A	D	O
T	I	E	M	P	O	:		X	X	X	M	I	N						

7.6.10 SELECCIÓN DE COMPONENTES

En la descripción de la máquina de estados se menciona cada uno de los componentes que se utilizarán para el funcionamiento de la tostadora, éstos se enlistan a continuación:

- Pantalla LCD

Para seleccionar la pantalla se tomó en cuenta lo que se desea imprimir en ella, pues de ello depende el tamaño. Considerando lo anterior se eligió una pantalla LCD (Figura 32) de 4(filas)x20(columnas) la cual es muy económica y en cuestión de tamaño cumple los requisitos para implementar el menú anterior.



Figura 32. Pantalla LCD 20x4.

Esta pantalla es compatible y fácil de controlar con ARDUINO. Puede ser usada en cualquier sistema embebido, dispositivo industrial, equipo de seguridad, medico, entre otros [22]. Las características técnicas de dicha pantalla se muestran en el Anexo 19.

- Botoneras

Será necesario instalar un botón para el iniciar el proceso del tostado, éste será un botón pulsador como el mostrado en la Figura 33.



Figura 33. Botón pulsador.

Para indicar al usuario cuando la máquina está detenida (blanco), cuando se debe ingresar las semillas (amarillo), cuando está precalentando (azul), cuando está tostando (verde) y al presionar el paro de emergencia (rojo), se utilizarán indicadores piloto como el presentado en la Figura 34.



Figura 34. Indicador piloto.

Por otro lado, cuando la máquina este detenida o cuando sea accionado el botón de paro de emergencia y haya semillas en la cámara de tostado, será necesario expulsarlas de forma manual, por lo que se requiere de un interruptor y se usará un botón selector como el que se observa en la Figura 35.



Figura 35. Botón selector.

- Sensor de temperatura

Como parte de la interfaz se estará monitoreando la temperatura interna en la cámara de tostado, pero para ello será necesario instalar un sensor que permita realizar dicha medición. Este sensor será un termocupla tipo k (Figura 36) que maneja temperaturas entre -200 y 1250°C como se observa en el Anexo 17.

Además, para el acondicionamiento de la señal de dicho sensor se utilizará un módulo MAX6675 (Anexo 21) el cual es compatible con Arduino y nos proporcionará directamente el valor de la temperatura medida.



Figura 36. Termocupla tipo K con módulo MAX6675.

- Botón de paro de emergencia

En el caso de que surgiera un problema, accidente o alguna otra circunstancia de riesgo, se tiene un botón de paro de emergencia (Figura 37), mediante el cual se podrá detener todo el proceso, apagando el motor que hace rotar la cámara de tostado y apagando la electroválvula que permite el paso de gas.



Figura 37. Botón de paro de emergencia.

- Quemador de gas LP

En relación con el sistema de aportación de calor se requiere un quemador (Figura 38) que permita calentar a lo largo la cámara de tostado, de tal manera que se utilizarán dos ejes cilíndricos de 24 x 8 pulgadas con orificios, al cual se le puede aplicar gas propano o gas natural.



Figura 38. Quemador de gas.

- Módulo de ignición para encendido de gas

Para el encendido del gas se utilizará un módulo de ignición por chispa (Figura 39) como el usado en las estufas eléctricas, el cual produce un tren de chispas en una bujía, de tal manera que, si está el gas presente, la energía liberada por la chispa encenderá el gas.

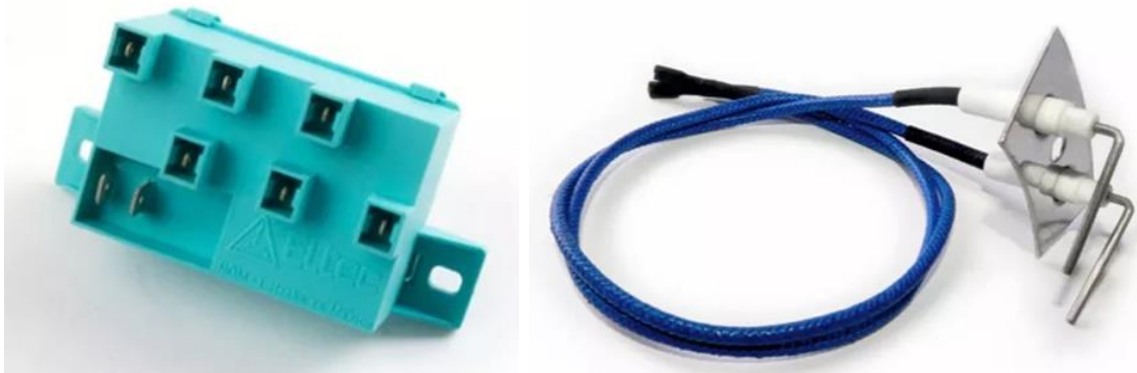


Figura 39. Módulo de ignición y bujía.

- Electroválvula para gas

Por otro lado, se necesita controlar el paso o bloqueo del gas, de tal manera que se usará una válvula solenoide de gas normalmente cerrada como la mostrada en la Figura 40, la cual funciona a 12 v, tiene una presión laboral de 0 a 1MPa.



Figura 40. Válvula solenoide de gas.

CAPITULO 8. CONSTRUCCION

Para comenzar con la construcción se pidió el material y los componentes necesarios para llevarla a cabo, empezando por las botoneras, teclado, LCD y el sensor para programar e implementar la interfaz.

8.1 PROGRAMACION Y CONSTRUCCION DE INTERFAZ

En esta primera etapa de construcción se tomó en cuenta la cantidad de entradas y salidas necesarias para la máquina, siendo éstas las siguientes:

- Entradas: Botón de arranque, botón motor manual, botón paro de emergencia, temperatura, teclado de mando.
- Salidas: 5 leds (reposo, precalentando, tostado, entrada-salida de semillas, paro de emergencia), electroválvula, motor, pantalla LCD.

Como primer paso, se programaron en el ARDUINO MEGA los menús mostrados en las Tablas 14-18 para interactuar con la máquina y a su vez el teclado para desplazarse entre cada uno de los menús. Posteriormente se añadieron los botones que permitirán iniciar el tostado, detenerlo o accionar el motor de manera manual.

Por último, se agregaron los relevadores que accionan la electroválvula, el motor y los 5 indicadores led. Estos últimos se accionarán de acuerdo con la máquina de estados mostrada en la Figura 31, como se describe a continuación para cada color:

- BLANCO: Esta luz indica que la máquina está en reposo (Estado DORMIDO).
- AZUL: Cuando la máquina entre en funcionamiento se apagará la luz blanca e iniciará el proceso de precalentado donde se encenderá la luz azul (Estado PRECALENTADO).
- VERDE: Mientras la máquina se encuentre en el estado de TOSTADO, este indicador permanecerá activo.

- AMARILLO/NARANJA: Esta luz encenderá cuando haya que introducir (cambio de precalentado a tostado) o expulsar las semillas (tostado finalizado).
- ROJO: Esta luz indica que el botón de paro de emergencia ha sido accionado y a su vez emitirá un sonido.

Los pines utilizados para cada entrada o salida son los siguientes (Tabla 19):

Tabla 19. Configuración de pines para ARDUINO MEGA

Elemento	(Entrada/Salida)	Numero de Pin
Teclado	Entrada	6-13
LCD + I ² C	Salida	20,21
Sensor termopar	Entrada	2-4
Switch de arranque	Entrada	5
Selector de motor	Entrada	29
Paro de emergencia	Entrada	26
Válvula	Salida	28
Motor	Salida	27
Ignición	Salida	30
Luz blanca	Salida	22
Luz azul	Salida	24
Luz verde	Salida	25
Luz anaranjada	Salida	23
Luz roja	Salida	26

Ya que se tienen definidos todos los componentes y los pines a los cuales se van a conectar, se procede a programar la interfaz, empezando por el menú en la LCD y el teclado matricial como control.

Para la LCD se hace uso de un módulo I²C (Figura 41) el cual permite ahorrar la cantidad de pines a utilizar y realizar la comunicación únicamente por 4 pines, uno para datos (SDA), otro para el tiempo (pulsos de reloj, SCL) y dos pines para la alimentación. Además, dicho módulo contiene un potenciómetro para ajustar el contraste de la pantalla. La librería utilizada para programarlo se llama "LiquidCrystal_I2C.h".



Figura 41. Módulo I²C.

Para el teclado se seleccionó uno rígido de 4x4 (Figura 42), el cual servirá para navegar sobre el menú de la interfaz. Este funciona como un conjunto de botones, representado como matriz. La librería utilizada para manejar el teclado es llamada “Keypad.h”.



Figura 42. Teclado matricial rígido 4x4.

En el menú que se mostrará cuando la máquina esté operando (Tabla 18) se imprime la temperatura, la cual ya se había mencionado que sería detectada por medio de un termopar tipo k con un módulo MAX6675, que para poder ser usado se requiere de la librería “max6675.h” y para tomar la lectura del sensor únicamente es necesario declarar una variable tipo “double” y asignarle el valor leído de la siguiente manera:

```
t = thermocouple.readCelsius();
```

En cuanto a los botones, se definen los pines como entrada y la configuración será pulldown (Figura 43), al presionar el botón, el pin tomará un valor de 5 volts y al soltarlo 0 volts.

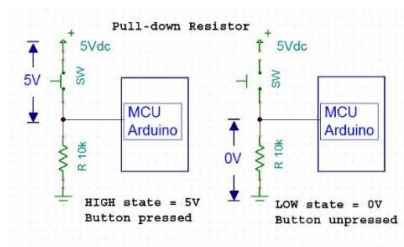


Figura 43. Configuración para botoneras.

En el caso del botón de emergencia se aplicó tomando en cuenta el estado de la válvula de gas, donde: si al presionar el paro la válvula está abierta, la cierra y apaga los demás elementos, en cambio, si está cerrada se mantiene así y solo apaga lo demás (Figura 44).

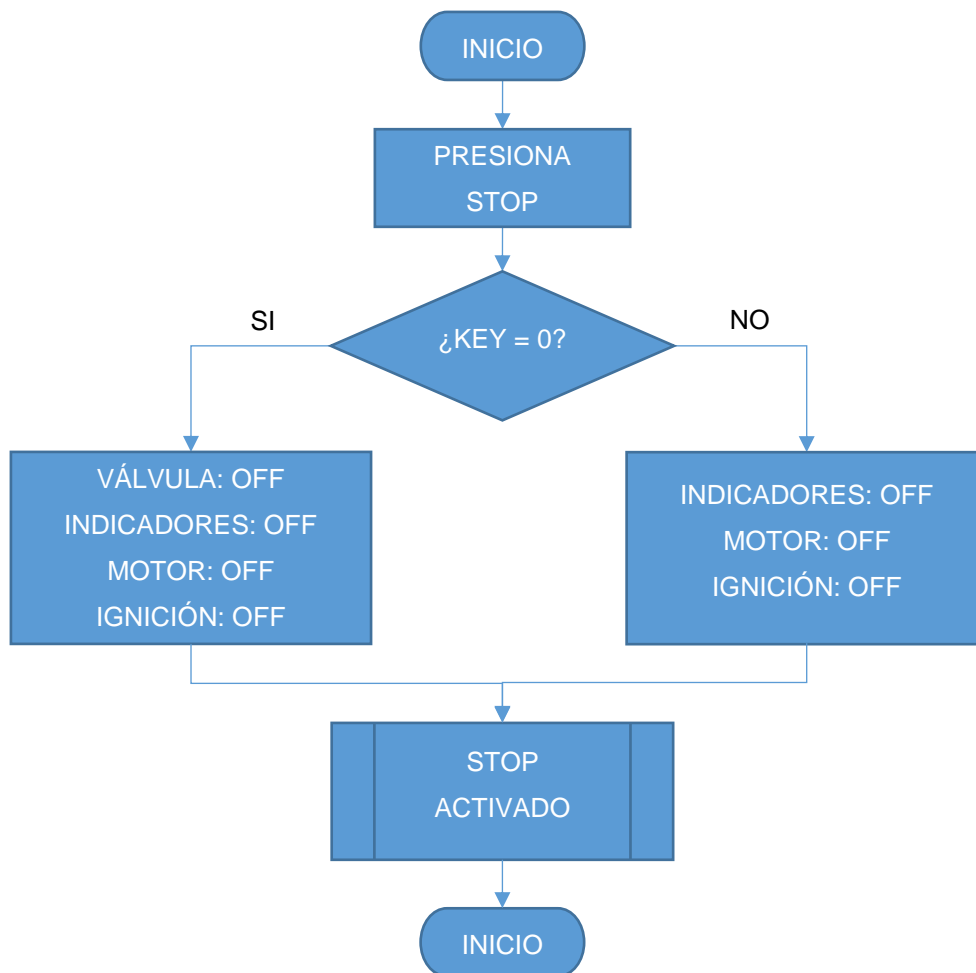


Figura 44. Condición STOP.

Para los indicadores piloto únicamente se les aplicará voltaje en el momento que sea necesario, activándolos por medio de relevadores, al igual que el motor, la válvula y el módulo de ignición.

Ya que se tiene la configuración de todos los elementos que componen la interfaz y su respectiva programación se diseñó el siguiente circuito (Figura 45), en el que se realizará la conexión de cada componente.

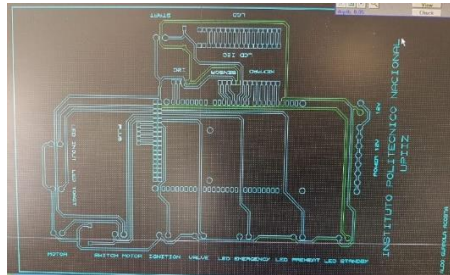


Figura 45. Diseño de circuito para interfaz.

Este circuito se maquinó en la Bungard CCD como se muestra a continuación (Figura 46).



Figura 46. Impresión de circuito de interfaz.

Y posteriormente se añaden los componentes, que en su mayor parte son terminales tipo block para conectar con el ARDUINO. El circuito impreso terminado y soldado se observa en la Figura 47.

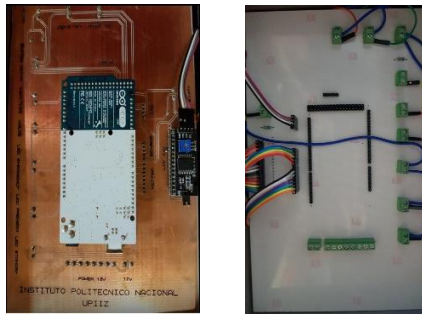


Figura 47. Circuito impreso.

Es necesario diseñar y construir un tablero o mando en el cual se posicionen todos los componentes de dicha interfaz, para ello se realizó un diseño en software (Figura 48) y posteriormente se construyó.



Figura 48. Diseño de interfaz en software.

Para la construcción de la interfaz se utilizó mdf y pintura acabado metálico, la Figura 49 muestra la interfaz terminada.



Figura 49. Interfaz.

8.2 CONSTRUCCION DE CAMARA DE TOSTADO Y CAMARA DE COMBUSTION

En este apartado se tomó la lámina de acero inoxidable tipo 304 de calibre 14 y se cortó a las medidas necesarias. Mediante la ayuda del corte con plasma se realizaron los cortes para el contorno del cilindro y para la tapa, así como también para la cámara de combustión, esta última fue en acero inoxidable calibre 16, pues solo es la cubierta de la cámara de tostado.

La siguiente imagen (Figura 50) muestra el contorno de la cámara de tostado y de la cámara de combustión de la misma manera en que irá el ensamble.



Figura 50. Cámara de tostado y cámara de combustión.

En la Figura 51 se aprecian las tapas de la cámara de tostado y de combustión.



Figura 51. Tapas de la cámara de tostado y de combustión.

Posteriormente se va soldando cada parte por el proceso TIG mediante gas argón y aporte de acero inoxidable, primero agregando puntos de soldadura para alinear. Después de realizar los cordones completos de soldadura entre cada punto, la cámara de tostado sin eje queda de la siguiente manera (Figura 52).



Figura 52. Cámara de tostado sin eje.

De la misma forma se suelda la cámara de combustión (Figura 53), siguiendo los planos del Anexo 7. Para la altura de ésta se toman datos de diseño ergonómico para facilitar al usuario manipular la apertura de la compuerta, la cual quedará a una altura aproximada de 95 cm. Según el Manual de ergonomía para máquinas del sector del metal la altura para arrastrar o empujar debe ser ligeramente por debajo de la altura de los codos de pie [23]. Además, para la base mostrada debajo se utilizó PTR calibre 14 de acero y se suelda por el método SMAW con un electrodo 6011, la altura de ésta es de 80 cm aproximadamente de la parte frontal como se muestra en el Anexo 8.



Figura 53. Cámara de combustión y base, vista trasera.

En la parte frontal se encuentra la entrada y salida de las semillas, por medio de una tolva y una compuerta respectivamente, así como la alimentación del gas, dichos elementos se pueden observar en la Figura 54.



Figura 54. Cámara de combustión y base, vista frontal.

Si se destapa la parte frontal, se verá al interior el área donde estará el fuego incluyendo su alimentación de gas al frente, así como unos soportes a los costados para darle más rigidez y un catador que se añadió como extra para tomar una muestra del grano (Figura 55).



Figura 55. Tapa frontal de la máquina de tostado.

En la parte trasera de la cámara de tostado, se observa el eje central que sobresale y a su vez el engrane unido, el cual es la salida de potencia de la transmisión y la entrada de potencia a la cámara de tostado que le proporcionará la rotación, por lo que la siguiente construcción será dicha transmisión.

8.3 CONSTRUCCION DE EJES Y SISTEMA DE TRANSMISION

Para el desarrollo del sistema motriz de la tostadora se adquirieron los elementos que lo conforman y los materiales necesarios mencionados en la Tabla 20:

Tabla 20. Materiales para el sistema de transmisión.

CANTIDAD	ELEMENTO	DESCRIPCION
1	Engrane	Engrane Martin modelo TS1620.
1	Engrane	Engrane Martin modelo TS16104.
1	Engrane	Engrane Martin modelo TS2028.
1	Engrane	Engrane Martin modelo TS20120.
1	Cold roll 4140	Barra cilíndrica de acero 4140 de 1 in de diámetro y 12 in de largo.
2	Soleras	Solera rectangular de aluminio de $\frac{3}{4}$ in de espesor, 2 in de ancho y 6 in de largo.
1	Motor	Motor monofásico SIEMENS 0.75 hp.
2	Rodamiento	Rodamiento SKF W61800-2RS1
2	Anillo de retención	Anillo de $\frac{3}{4}$ " Anillo de $\frac{1}{2}$ "
4	Cuñas	Cuñas de acero de $\frac{3}{16}$ "

8.3.1 MANUFACTURA DE EJES.

A partir del diseño de la transmisión y de los planos del eje de la transmisión, se tomó la barra cilíndrica y se programó en código G las dimensiones para dicho eje. Posteriormente se realizó el maquinado en un torno CNC HAAS (Figura 56).



Figura 56. Maquinado de eje de la transmisión en torno CNC HAAS.

El eje de la transmisión terminado queda de la siguiente manera (Figura 57), en el cual se pueden ver también los cuñeros para las cuñas y las ranuras para los anillos, ambos realizados en torno convencional.



Figura 57. Eje de la transmisión.

Para el eje central de la cámara de tostado se realiza el código G de igual manera que el eje de la transmisión y posteriormente se maquina en el Torno CNC HAAS, sin embargo, para éste maquinado es necesario utilizar contrapunto como soporte debido a la longitud del eje como se muestra en la **Figura 58**.

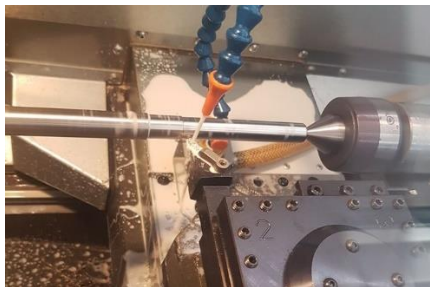


Figura 58. Maquinado de eje principal en Torno CNC HAAS.

Los códigos para realizar el maquinado de ambos ejes se encuentran en el Anexo 22 y Anexo 23.

Por otro lado, ambos ejes requieren de chumaceras en las cuales se insertan los rodamientos correspondientes que sujetarán cada eje y los elementos que lo complementan.

8.3.2 MANUFACTURA DE CHUMACERAS

Para la sujeción del eje de la transmisión fue necesario maquinar las chumaceras respectivas donde se introducen los rodamientos para el eje. Dichas chumaceras se realizaron en solera de aluminio de $\frac{3}{4}$ " x 2" x 6" y se programó en código G (Anexo 24) para posteriormente trabajarlo en la Fresadora CNC HAAS y así obtener la siguiente chumacera con su rodamiento (Figura 59).



Figura 59. Chumacera para eje intermedio de la transmisión.

De la misma manera se programa en código G la chumacera para el eje de la cámara de tostado, en cambio, para ésta se utiliza solera de aluminio de 1" x 4" x 4". Las chumaceras son las mostradas en la Figura 60.

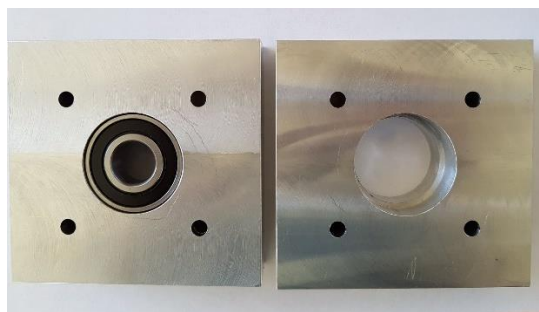


Figura 60. Chumaceras para el eje central de la cámara de tostado.

8.3.3 MANUFACTURA DE CUÑAS

Después se toma una varilla de acero de 3/16 in x 4 in de largo aproximadamente y se cortan 4 tramos, uno para cada cuña de los engranes y se redondean las esquinas para poder introducirla al eje del motor, a los dos cuñeros del eje de la transmisión (Figura 61) y al cuñero del eje central de la cámara de tostado.



Figura 61. *Cuña para engrane.*

8.3.4 MONTAJE DE ENGRANES Y EJES

Una vez que se tienen los engranes con su cuñero interno, las cuñas, el eje de la transmisión y las chumaceras con su rodamiento, se pueden montar los engranes en su lugar correspondiente como se muestra en la Figura 62.



Figura 62. *Montaje de engranes.*

La Figura 63 muestra todo el sistema motriz de la tostadora, aun sin montar en la máquina.



Figura 63. *Sistema motriz completo.*

Ya con el eje central de la cámara de tostado se monta y se suelda a dicha cámara (Figura 64), se agregan 4 soportes en un extremo para lograr que al girar oscile lo mínimo posible y además de ello se mantenga el centro fijo.



Figura 64. Cámara de tostado completa.

Después de tener todos los elementos que componen la tostadora el siguiente punto es realizar su ensamblaje.

8.4 ENSAMBLAJE DE LA TOSTADORA

Primero se montan las chumaceras del eje principal; la cámara de tostado se introduce dentro de la cámara de combustión como se ve en la Figura 65 y se tapa con la cara frontal de la tostadora (Figura 55).



Figura 65. Montaje de cámara de tostado.

Posteriormente se monta la cámara de combustión ensamblada sobre la base de PTR (Figura 66).



Figura 66. Ensamble de cámara de combustión y base.

En el eje que sobresale por la parte trasera se posiciona el engrane de 120 dientes y se alinea la transmisión, logrando que el contacto entre los dientes sea lo más recto posible (Figura 67).



Figura 67. Montaje de transmisión.

En la base donde se posiciona la transmisión se dejan unos rieles para permitir ajustar el contacto entre los engranes, además de esto, se agrega un poco de grasa en ellos para facilitar el movimiento.

A un costado de la cámara de combustión se suelda un brazo el cual soportará la interfaz para permitir al usuario manipular la máquina y dicha interfaz (Figura 68).



Figura 68. Tostadora con brazo de soporte para interfaz.

Además, se coloca la válvula de apertura del gas en la parte inferior como se observa en la Figura 68. A continuación, se monta la interfaz y la tostadora queda completa (Figura 69).



Figura 69. Tostadora con interfaz.

CAPITULO 9. RESULTADOS

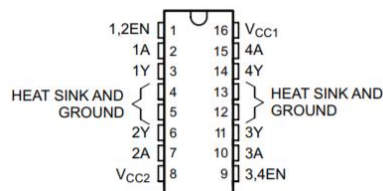
Antes de iniciar las primeras pruebas se realizó un cambio en la válvula de gas, debido a que la seleccionada llegó dañada, permanecía un momento abierta y después de un tiempo se calentaba y se cerraba cortando el paso del gas, lo cual apagaba el fuego.

A partir de ello, se tomó una válvula manual y un motorreductor con una relación de 1:220 y un torque de 0.35 Nm, y mediante un cople se sujetó el eje del motorreductor de un extremo y al otro el eje de la válvula, de tal forma que, al invertir el flujo de corriente en las terminales del motor, cambiaría el sentido de giro de la válvula, logrando cerrarla o abrirla. La válvula se muestra en la Figura 70.



Figura 70. Modificación de válvula.

Para el cambio de sentido de giro se utilizó un puente H, mediante el circuito integrado L293D, que permite manipular el sentido de giro de dos motores, como se muestra en la Figura 71.



PIN		DESCRIPCIÓN
NOMBRE	NUMERO	
1,2 EN	1	Habilita los canales 1 y 2 del controlador (entrada alta activa)
1:4 A	2, 7, 10, 15	Entradas del controlador, no inversor
1:4 Y	3, 6, 11, 14	Salidas del controlador
3,4 EN	9	Habilita los canales 3 y 4 del controlador (entrada alta activa)
GROUND	4, 5, 12, 13	Tierra
V _{cc1}	16	Fuente de 5 v. para el circuito lógico interno
V _{cc2}	8	Fuente para controladores de 4.5 v a 36 v. (Motor)

Figura 71. Configuración de pines, puente H L293D.

Dado que no hay una medida exacta para definir el tiempo de tostado de cada tipo de semilla, se realizan pruebas empíricamente para determinar la temperatura necesaria para cada tipo de semilla. Las primeras pruebas se realizaron de forma manual, es decir, encendiendo manualmente el fuego y arrancando el motor, esto fue para tomar los tiempos y temperaturas de tostado y expulsión, así como la temperatura máxima alcanzada.

En una **primera prueba** se comenzó el tostado de 5 kg, sin embargo, falló el proceso, pues a los 13 minutos de tostado una piedra se atascó en el interior haciendo que la transmisión se desalineara. En consecuencia, se realizaron modificaciones en el diseño:

- Como primer punto, se instaló un tensor sobre las chumaceras del eje intermedio y un tope para que el eje no se desplazara linealmente, como se observa en la Figura 72.



Figura 72. Tensor de transmisión y tope.

- Además, se aisló una parte de la cámara de tostado del área donde se ubica el fuego, pues al girar el cilindro, éste generaba un flujo de aire que apagaba la flama.

Posteriormente a las modificaciones, se realizó una **segunda prueba**, en la cual se ingresaron 5 kg de maíz, pero esta prueba tampoco fue satisfactoria, pues el desperdicio de semillas fue del 60%, tostando únicamente 2 kg (Figura 73).



Figura 73. Maíz tostado, segunda prueba.

Por falta de conocimientos se mandó a hacer la cámara de combustión y no se respetó el largo de ella, lo que ocasionó que quedara una separación entre ésta y la cámara de tostado, razón por la cual se caían los granos. A partir de lo anterior se aplicó la siguiente contramedida:

- Se eliminó la inclinación que se había definido hacia el frente, disminuyendo el largo de las patas traseras de la base, quedando nivelada toda la tostadora.

En la **tercera prueba** no se tenían las semillas suficientes y se ingresó solamente 1 kg de garbanzo (Figura 74).



Figura 74. Garbanzo tostado, tercer prueba.

En esta prueba el tostado se concluyó en 1 hora, en comparación con la segunda prueba, el desperdicio disminuyó de un 50% a un 30%, el cual aún era demasiado, de tal manera que se hicieron las siguientes modificaciones:

- El primero fue eliminar la mitad de las aspas de agitación, dejando únicamente 2 (Figura 75), esto debido a que las semillas casi no estaban en contacto con la superficie caliente y el tiempo de tostado se extendía demasiado.



Figura 75. Cámara de tostado con 2 aspas.

- En segundo lugar, se implementó un mecanismo manual por palanca (Figura 76) que permitiera inclinar la tostadora ahora hacia atrás al momento de iniciar el tostado, justo antes de ingresar las semillas, esto permitiría que las semillas quedasen en el fondo de la cámara de tostado, logrando así disminuir aún más el desperdicio.



Figura 76. Mecanismo de elevación.

Tras las modificaciones anteriores, se realizó la **cuarta prueba**, en la cual se ingresaron 5 kg de maíz, sin embargo, en esta ocasión la falla fue en la parte electrónica, pues al momento que el módulo de ignición emitía la chispa para encender el fuego se imprimían caracteres en la LCD de la interfaz y cuando iniciaba la medición de la temperatura y el conteo de tiempo los caracteres permanecían ahí, impidiendo visualizar la información.

En esta cuestión se hicieron varios cambios intentando solucionar lo anterior:

- A pesar de que los elementos electrónicos estaban aterrizados, se puso una tierra física directa a la máquina intentando que las corrientes parásitas se aterrizaran, sin embargo, no funcionó.
- Después se intentó aislando el punto intermedio en el cual estaba sujeta la interfaz a la máquina tostadora, esto se hizo mediante una placa de acrílico de aproximadamente 1 cm. de espesor, pero tampoco fue funcional, los caracteres seguían apareciendo.
- Posteriormente, se agregaron filtros de ferrita supresores de ruido en los mazos de cable, esto logró disminuir un poco la cantidad de caracteres, pero aún continuaba sucediendo.
- Se intentó retirando el control de la máquina y haciendo la prueba, pero aun separando la interfaz la falla se mantuvo.
- En el módulo de ignición se sellaron los pines que no se utilizaran con silicón negro aislante para evitar que mandara algún pulso por el cable, sin embargo, eso tampoco lo solucionó, pues aun así la chispa pasaba el tapón de silicón.
- Por último, se cambió el cableado que se estaba utilizando para alimentar el módulo de ignición y éste mismo se alejó de la interfaz, con esto se logró mejorar el comportamiento en la LCD, pues ya no se veían los caracteres.

En la **quinta prueba** se ingresaron 6kg de garbanzo, el tostado tuvo una duración de 2 horas y el desperdicio de semillas fue mínimo, aproximadamente 50 gramos de los 6 kg. Lo anterior fue una prueba exitosa, en la cual todo el sistema funcionó como se esperaba, obteniendo un tostado total y homogéneo de todas las semillas ingresadas (Figura 77).



Figura 77. Garbanzo tostado, quinta prueba.

Como **sexta prueba** se cambió el tipo de semilla a frijol soya, ingresando 5 kilogramos para el tostado en donde el desperdicio fue de 200 gramos aproximadamente y el tostado tuvo una duración de 95 minutos, del cual se obtuvo un tueste homogéneo (Figura 78).



Figura 78. Frijol soya tostado, sexta prueba.

Para la semilla de Haba se realizó una **séptima prueba**, donde se agregaron 5 kilogramos de dicha semilla y el tostado se completo en 1 hora y 20 min, alcanzando una temperatura máxima de 100°C.

Ahora se pueden observar dos tablas comparativas de las pruebas anteriores y las características de cada una.

Tabla 21. Pruebas manuales.

PRUEBAS MANUALES										
No	TIPO DE SEMILLA	CANTIDAD INGRESADA	CANTIDAD TOSTADA	CANTIDAD DESPERDICIADA	TIEMPO DE PRECALENTADO	TIEMPO DE TOSTADO	TIEMPO DE EXPULSION	TEMPERATURA ALCANZADA	ESTADO	RAZON
1	MAIZ	5 KG	N/A	0.5 KG	25 MIN	13	N/A	57°C	NO CUMPLE	Atasco de piedra desalineo transmisión, se apagó el fuego
2	MAIZ	5 KG	2 KG	3 KG	20 MIN	110 MIN	5 MIN	92°C	CUMPLE PARCIAL	Desperdicio de semillas
3	GARBANZO	1 KG	0.7 KG	0.3 KG	20 MIN	60 MIN	2 MIN	96°C	CUMPLE PARCIAL	Desperdicio de semillas, tiempo alto de tostado

Tabla 22. Pruebas completas.

PRUEBAS COMPLETAS										
No	TIPO DE SEMILLA	CANTIDAD INGRESADA	CANTIDAD TOSTADA	CANTIDAD DESPERDICIADA	TIEMPO DE PRECALENTADO	TIEMPO DE TOSTADO	TIEMPO DE EXPULSION	TEMPERATURA ALCANZADA	ESTADO	RAZON
4	MAIZ	5 KG	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	NO CUMPLE	Filtración de ruido y corrientes parasitas a la interfaz, afecta visualización de LCD
5	GARBANZO	6 KG	5.95 KG	0.05 KG	18 MIN	120 MIN	10 MIN	86°C	BUENO	N/A
6	FRIJOL SOYA	5 KG	4.8 KG	0.2 KG	15 MIN	95 MIN	7 MIN	90°C	BUENO	N/A
7	HABA	5 KG	4.95 KG	0.05 KG	15 MIN	80 MIN	7 MIN	100°C	BUENO	N/A

Con las pruebas realizadas, se determinó que la temperatura aproximada para alcanzar un buen tostado es de 95°C para el maíz, 100° para el garbanzo y la haba, y 90°C para el frijol soya, datos que se utilizaron posteriormente para programar a la interfaz.

9.1 TRABAJO A FUTURO

El trabajo presentado es funcional, sin embargo, hay elementos que se pueden mejorar uno de ellos es relacionado con la seguridad para las personas, agregando una capa aislante sobre toda la cámara de combustión que permita aislar el calor en la superficie para evitar alguna quemadura. También se deberá agregar una cubierta de protección sobre el motor y la transmisión, para aislarlo del contacto con las personas.

Otra mejora que se puede implementar es respecto a la interfaz, aplicando un mecanismo que permita moverla ya sea inclinándola, modificando la posición o la altura de tal manera que el usuario pueda operar la máquina de una manera más cómoda.

Otros implementos que pueden cambiar el aspecto semiautomático a automático es programar la entrada y salida de semillas, de tal manera que en el ingreso se abra un dosificador que agregue la cantidad indicada y para la expulsión de las semillas se puede aplicar un mecanismo que abra automáticamente la compuerta de salida una vez que el tiempo de tostado haya finalizado.

9.2 RECOMENDACIONES

En el diseño de la máquina de tostado es recomendable aislar completamente la sección donde se encuentra la cámara de tostado del área del fuego, pues al girar la cámara de tostado produce aire al interior apagando la flama.

En la interfaz se sugiere aplicar cable de buena calidad para mejorar las conexiones eléctricas entre cada componente, pues el uso de cables dupont u otro tipo de cable comercial genera ruido y falsos contactos, lo que ocasiona que se pierda la información de la pantalla y de las botoneras.

CONCLUSIONES

El dimensionamiento de la cámara de tostado fue realizado partiendo de mediciones experimentales de la semilla más grande utilizada en el proyecto, debido a que es la semilla que ocupará más espacio dentro de la cámara, cumpliendo con el primer objetivo específico y partiendo de estos datos para los demás diseños.

Además, como se mencionó en los objetivos era necesario realizar el diseño de la transmisión de potencia reductora de velocidad, para la cual se hicieron varios diseños hasta encontrar los engranes que soportaran la capacidad de potencia requerida, sin embargo, como se quería que el diámetro interno del engrane de entrada fuera de 5/8 de pulgada exacto y el del engrane de salida de 5/8 de pulgada o menor, fue difícil encontrar los engranes seleccionados. No obstante, el engrane TS2028 soporta justamente la capacidad de potencia y los demás la soportan por mucho más, con esto se demostró que resistirán los esfuerzos aplicados.

Por otro lado, en el diseño de eje de la transmisión se obtuvo un factor de seguridad alto gracias al acero 4340, lo cual indica que soportará la carga aplicada, sin embargo, para el eje central de la cámara de combustión el factor se encuentra casi en el límite justo arriba de 1, esto debido a la resistencia del material de acero inoxidable 304 y a la longitud del mismo eje, sin embargo, soportará los esfuerzos, afectando únicamente su vida útil.

En cuanto a los rodamientos, se eligieron tomando en cuenta la temperatura, la carga aplicada y el diámetro, logrando seleccionar del catálogo de rodamientos SKF los indicados para aguantar la carga. En este diseño se tiene más opciones debido a que en dicho catálogo se presentan otros rodamientos muy similares que al igual que los seleccionados, lograrán resistir.

En relación con el último objetivo específico, para la interfaz, se seleccionaron los componentes tomando en cuenta el funcionamiento de la tostadora, se programó un menú el cual se va a imprimir en la pantalla LCD para permitir al usuario visualizar el estado del proceso o para manipular la máquina.

En la etapa de construcción, se tuvieron problemas primero con la interfaz, pues el uso de cable de calidad es importante para mejorar el funcionamiento, pues los cables más comerciales o cables dupont provocan falsos contactos que afectan a la hora de manipular la interfaz.

Dentro de la misma interfaz se modificó parte de la programación planeada, pues la válvula de alimentación del gas que se consiguió resulto defectuosa, por lo que se cambió por una válvula manual, a la que se adaptó un motorreductor con un cople que permite abrir o cerrar dicha válvula mediante un puente H para controlar la dirección del giro del motor.

Referente a la construcción de la tostadora, la cámara de tostado, de combustión y la base de soporte se soldaron cada uno con el material correspondiente y se logró tener la estructura principal de la tostadora, sin embargo, como se mandó a hacer con un fabricante de maquinaria no se apegaron a los planos y el largo de la cámara de combustión se extendió, por lo que se tuvieron que hacer ajustes como poner dos pernos de presión en los extremos del eje principal para evitar que la cámara de tostado se deslizara linealmente, pues esto generaba un gran desperdicio de semillas.

Además, se tuvo que recorrer el engrane que va sobre el eje central de la cámara de tostado, por lo que el anillo de retención ya no podía sujetarlo y se agregaron dos opresores al engrane para sujetarlo del eje y de la cuña.

En la etapa de pruebas se demostró que se logró disminuir el tiempo con relación a la cantidad tostada de forma manual por los productores jerezanos, esto permitió aumentar la producción de semillas tostadas, disminuyendo a su vez la cantidad de combustible empleado para dicho proceso. Además, se pudo observar que el tostado de las semillas en las pruebas adquirió un tueste homogéneo, lo que permitirá estandarizar el proceso del pinole y mejorar la calidad del mismo.

FUENTES DE CONSULTA

- [1] L. S. Ibarra Sánchez, S. Alvarado Casillas, L. S. Viveros Ibarra y V. M. González Bernal, «Propiedades del pinole, alimento tradicional elaborado de maíz y su relación en la seguridad alimentaria en México,» *EDUCATECONCIENCIA*, vol. 12, nº 13, pp. 121-136, 2016.
- [2] T. Mathew; N & Asgharnejad; Mostafa & Peykamian; M & Laurenza; Antonio, «Results of a double-blind, placebo-controlled, crossover study.,» de *Neurology*, The Naratriptan S2WA3003 Study Group., 1997, pp. 1485-1490.
- [3] A. Macedo, M. Farré y J. E. Baños, «A meta-analysis of the placebo response in acute migraine and how this response may be influenced by some of the characteristics of clinical trials,» *Eur J Clin Pharmacol*, vol. 62, nº 3, pp. 161-172, 2006.
- [4] H. Polly, «Entendimiento condicional: los cambios en el manejo de la mano en sujetos con trastornos múltiples de la personalidad reflejan un cambio en el dominio hemisférico.,» *Conciencia y cognición*, vol. 1, nº 3, pp. 265-287, 1992.
- [5] G. Rizki, «Mice fed a lipogenic methionine-choline-deficient diet develop hypermetabolism coincident with hepatic suppression of SCD-1,» *Journal of lipid research*, vol. 47, nº 10, pp. 2280-2290, 2006.
- [6] E. Vargas Hernández y L. M. Berumen Vargas, *Cocina tradicional jerezana*, México, Distrito Federal: CONACULTA, 2014.
- [7] P. E. Jeniffer Pamela y G. Mosquera, *Diseño y construcción de un tostador por resistencias eléctricas para la elaboración de café quinua con capacidad de 25 libras*, Ibarra, Ecuador: Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, 2017.
- [8] L. Carbajal, «Engranajes diseño de máquinas,» 14 Agosto 2015. [En línea]. <https://es.scribd.com/document/274509438/Engranajes-diseno-de-maquinas>. [Último acceso: 08 11 2018].

- [9] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México: Mc. Graw Hill, 2012.
- [10] C. Mathas, «Conceptos básicos sobre sensores de temperatura,» Electronic Products, 27 Octubre 2011. [En línea]. <https://www.digikey.com.mx/es/articles/techzone/2011/oct/temperature-sensors-the-basics>. [Último acceso: 22 11 2018].
- [11] R. Pallás Areny, Sensores y acondicionadores de señal, Barcelona: Marcombo Boixareu, 2003.
- [12] E. Chupurgo Socualaya y M. Tocas Llacuachaqui, Optimización del proceso de tostado de tres variedades de maíz y su evaluación del tiempo de vida útil en envases de plástico, Huancayo, Peru: Universidad Nacional del Centro del Peru, 2012.
- [13] «La casa del molinero, refacciones y maquinas tortilladoras,» 22 Septiembre 2016. [En línea]. <http://lacasadelmolinero.com/molino-manual-2/>. [Último acceso: 04 Septiembre 2018].
- [14] F. Escalante Delgado, Desarrollo de un prototipo de tostador de granos de cacao de 6 kg/hora que funcione con energía solar concentrada, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015.
- [15] G. Á. Castelán Acosta, R. Ferreira Salinas y E. A. Santana Sanchez, Propuesta de automatización del proceso para la obtención del café tostado y molido, Mexico, D.F.: IPN, 2016.
- [16] National Kwikmetal Service, «Acero Inoxidable 304 y 304L,» 2008. [En línea]. <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/acero-inoxidable-304/>. [Último acceso: 31 10 2018].
- [17] SKF, Rodamientos, 2015.
- [18] Martin, «Martin,» 5 Septiembre 2013. [En línea]. http://es.martinsprocket.com/docs//catalogs/power%20transmission/4_engranes/seccion%20g.pdf. [Último acceso: 20 Octubre 2018].
- [19] SIEMENS, «SIMOTICS Catálogo de motores 2013,» 2013. [En línea]. http://siemensmexico.com.mx/descargables/Motores_2013.PDF. [Último acceso: 23 Noviembre 2018].

- [20] N. Robert L, Diseño de máquinas, un enfoque integrado, México: Pearson, 2011, p. 555.
- [21] M. electronics, «ARDUINO,» [En línea]. <https://arduino.cl/que-es-arduino/>. [Último acceso: 1 Diciembre 2018].
- [22] E. T. Co., «buydisplay.com,» 25 Junio 2013. [En línea]. https://www.buydisplay.com/download/manual/ERM2004-2_Series_Datasheet.pdf. [Último acceso: 30 Noviembre 2018].
- [23] Instituto de biomecánica de valencia, Unión de mutuas, Unimat prevención, ERGOMETAL. Manual de ergonomía para máquinas del sector del metal, España: La gráfica ISG, 2010.
- [24] Texas Instruments Incorporated, «Texas Instruments,» Enero 2016. [En línea]. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293d.pdf>. [Último acceso: 25 Mayo 2019].

Anexo 3. Muestras experimentales del cacao.

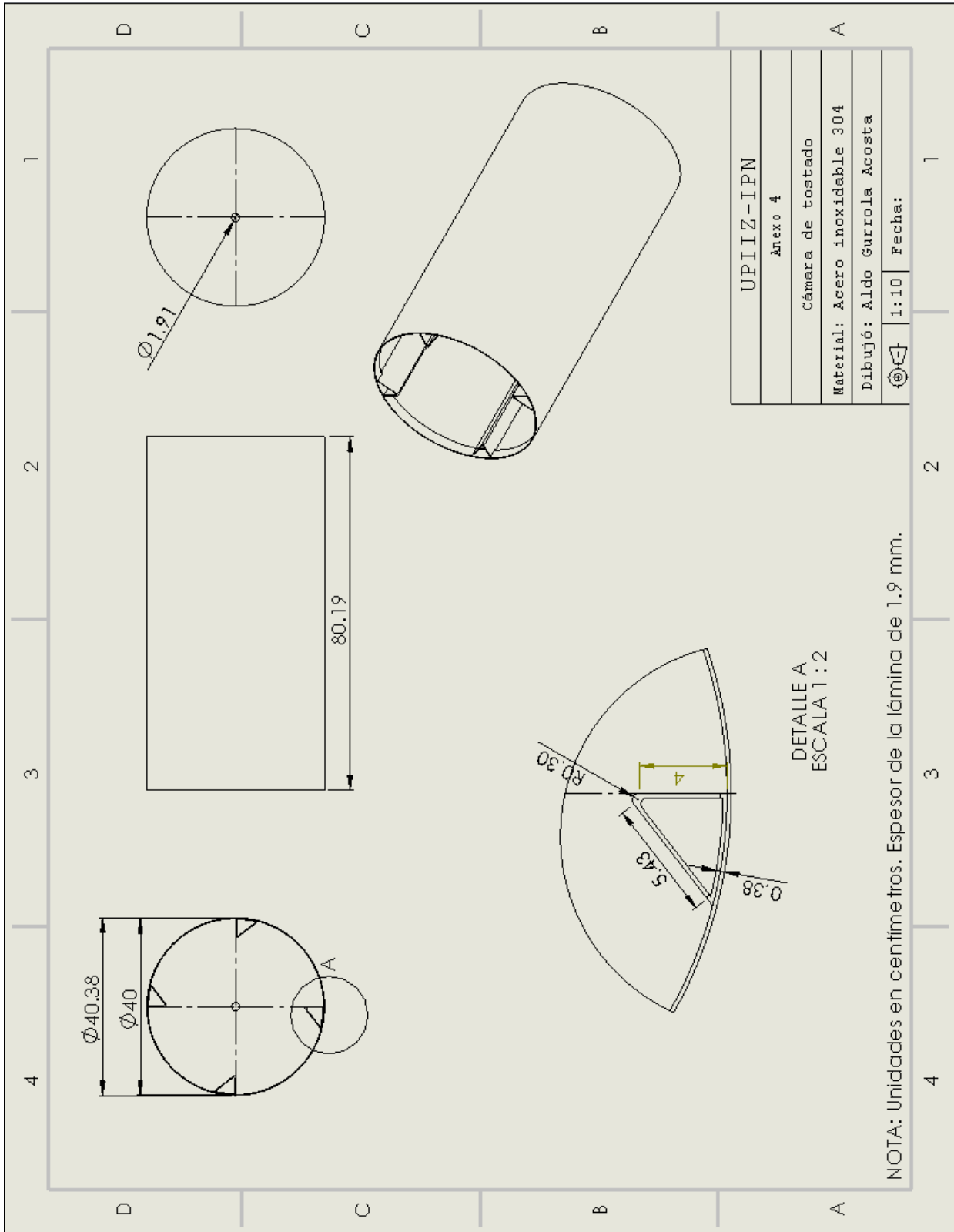
Cacao							
Muestra No.	Ancho (mm)	Largo (mm)	Grosor (mm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Densidad (Kg/m ³)
1	13.78	21.92	7.74	9.48941937	1.224135099	1.4215	1161.228039
2	13.5	23.14	6.56	9.81402129	1.072999661	1.1486	1070.457002
3	14.04	25.52	7.54	11.2563516	1.414548186	1.3357	944.2591023
4	14.18	22.84	6.68	10.1747138	1.132784806	1.3648	1204.81842
5	13.16	22.1	6.86	9.13688241	1.044650222	1.0249	981.0939377
6	12.9	24.24	9.06	9.82363456	1.483368819	1.5062	1015.391439
7	14.12	25.7	8.26	11.4003371	1.569446405	1.5712	1001.117333
8	13.92	26.12	6.2	11.4225293	1.180328027	1.0993	931.3512639
9	14.06	25.04	6.84	11.0603665	1.26088178	1.2964	1028.16935
10	11.82	21.92	7.18	8.13969064	0.974049646	0.9297	954.4688032
11	13.88	22.28	7.68	9.71526218	1.24355356	1.0734	863.171507
12	14.76	23.02	8.18	10.6743527	1.455270088	1.4114	969.8543328
13	13.12	24.06	8.56	9.91697756	1.414822133	1.4062	993.905854
14	12.4	21.76	6.62	8.47677096	0.935270396	1.3705	1465.351631
15	15.08	24.52	7.6	11.6164033	1.47141108	1.5092	1025.682096
16	12.62	19.8	8.32	7.85008606	1.088545267	1.0662	979.4723586
17	12.86	23.82	8.36	9.62348998	1.340872937	1.4115	1052.67245
18	13.88	23.38	5.94	10.1949206	1.009297134	1.2246	1213.319604
19	13.14	22.96	8.88	9.47800911	1.402745348	1.4689	1047.160842
20	14.68	21.62	9.64	9.97083703	1.601981149	1.623	1013.120536
21	12.94	20.42	6.5	8.30118107	0.899294615	0.9609	1068.504118
22	13.36	21.06	5.58	8.83923536	0.822048888	1.0728	1305.031873
23	11.08	22.56	7.48	7.85287579	0.978991849	1.1358	1160.173092
24	14	21.18	6.98	9.31545054	1.083697412	0.9968	919.8139523
25	11.92	21.06	8.24	7.8865034	1.0830798	1.09	1006.389372
26	12.04	21.44	6.48	8.10963188	0.875840243	0.9833	1122.693331
27	14.62	26.02	7.08	11.951008	1.410218945	1.5069	1068.557478
28	13.8	23.5	7.48	10.188185	1.27012706	1.4131	1112.565856
29	13.1	22.94	7.18	9.44092575	1.129764114	1.3335	1180.334889
30	13.56	22.66	7.36	9.65315918	1.184120859	1.3632	1151.233837
31	13.9	22.26	7.38	9.72052749	1.195624882	1.3258	1108.876221
32	12.74	19.96	9.64	7.98876853	1.28352881	1.4039	1093.781448
33	14.06	24.6	7.76	10.866015	1.405337941	1.2136	863.5645312
34	12.22	23.32	7.56	8.95260915	1.128028753	1.1512	1020.541362
35	14.68	23	5.84	10.6072734	1.032441281	1.3624	1319.590784
36	12.14	24.04	6.88	9.16859993	1.051332792	1.2836	1220.926437

37	15.16	24.74	6.64	11.7828071	1.30396399	1.1126	853.2444211
38	12.34	25.06	8.04	9.71507369	1.301819874	1.1036	847.7363281
39	12.9	21.08	6.78	8.54299573	0.965358518	1.0239	1060.642218
40	12.92	23.3	6.64	9.45732486	1.046610618	1.2468	1191.273984
41	13.04	24.04	5.58	9.84831492	0.915893287	1.0285	1122.947416
42	13.54	22.06	6.82	9.3836985	1.066613729	1.2857	1205.403573
43	13.52	21	5.9	8.91960986	0.87709497	1.0284	1172.507009
44	13.82	21.68	6.08	9.41276451	0.953826804	0.9369	982.2537974
45	11.62	23.66	8.46	8.63715555	1.217838933	1.1608	953.1638126
46	12.94	23.26	7.22	9.4557038	1.137836357	0.9545	838.8728256
47	12.8	25.16	5.66	10.1174363	0.954411492	0.8801	922.1389385
48	12.92	22.02	8.64	8.93778083	1.28704044	1.1654	905.4882533
49	13.4	21.2	5.62	8.92463641	0.835940944	1.1446	1369.235481
50	12.22	21.8	7.2	8.36907717	1.00428926	1.2374	1232.115138
51	14.48	24.46	6	11.126918	1.112691799	1.2238	1099.855324
52	15.72	25.3	6.74	12.4946166	1.403561936	1.3806	983.6402405
53	12.8	23.18	7.24	9.32123107	1.124761882	1.2137	1079.072841
54	12.38	22.1	7.38	8.59533467	1.057226164	1.2541	1186.217332
55	13.44	22.52	5.36	9.50862079	0.84943679	0.8284	975.2344254
56	12.9	22.58	6.56	9.15089391	1.000497735	0.9748	974.3150498
57	12	21.96	7.34	8.27872496	1.01276402	1.107	1093.048309
58	13.04	22.5	5.66	9.21743285	0.869511165	0.7898	908.3264617
59	11.7	23.78	8.42	8.74072758	1.226615437	1.1417	930.7725681
60	12.74	23.72	6.56	9.4936668	1.037974237	1.1972	1153.400496
61	13.08	23.76	8.08	9.76346678	1.314813527	1.3091	995.6544966
62	11.74	22.84	9.62	8.42391681	1.350634661	1.1088	820.9473899
63	12.06	22.84	8	8.65352953	1.153803937	1.1292	978.6758074
64	13.24	21.16	7.5	8.80143571	1.100179464	1.1605	1054.827906
65	14.04	23.24	5.78	10.2506901	0.987483147	1.0472	1060.473795
66	13.06	24.06	6.08	9.87162553	1.000324721	0.8278	827.5312834
67	13.38	20.06	10.14	8.43212265	1.425028727	1.2883	904.0519502
68	12.82	21.74	6.68	8.75583235	0.974816002	1.0325	1059.174242
69	11.84	22.36	7.04	8.31712779	0.975876327	0.8219	842.2173763
70	12.3	23.18	6.52	8.95712048	0.973340425	1.0482	1076.909962
71	13.84	24.46	7.44	10.6351205	1.318754944	1.3544	1027.029325
72	13.88	22.64	6.68	9.87224129	1.09910953	1.3153	1196.69602
73	14.38	21.92	8.78	9.90260164	1.449080706	1.3989	965.3706616
74	13.02	23	6.4	9.40781336	1.003500092	1.1219	1117.986943
75	12.6	23.42	6	9.27058859	0.927058859	1.0414	1123.33752
76	13.46	21.68	7	9.16756949	1.069549773	1.2158	1136.739991
77	13.28	24.76	6.86	10.3299588	1.181058619	1.3157	1114.000591

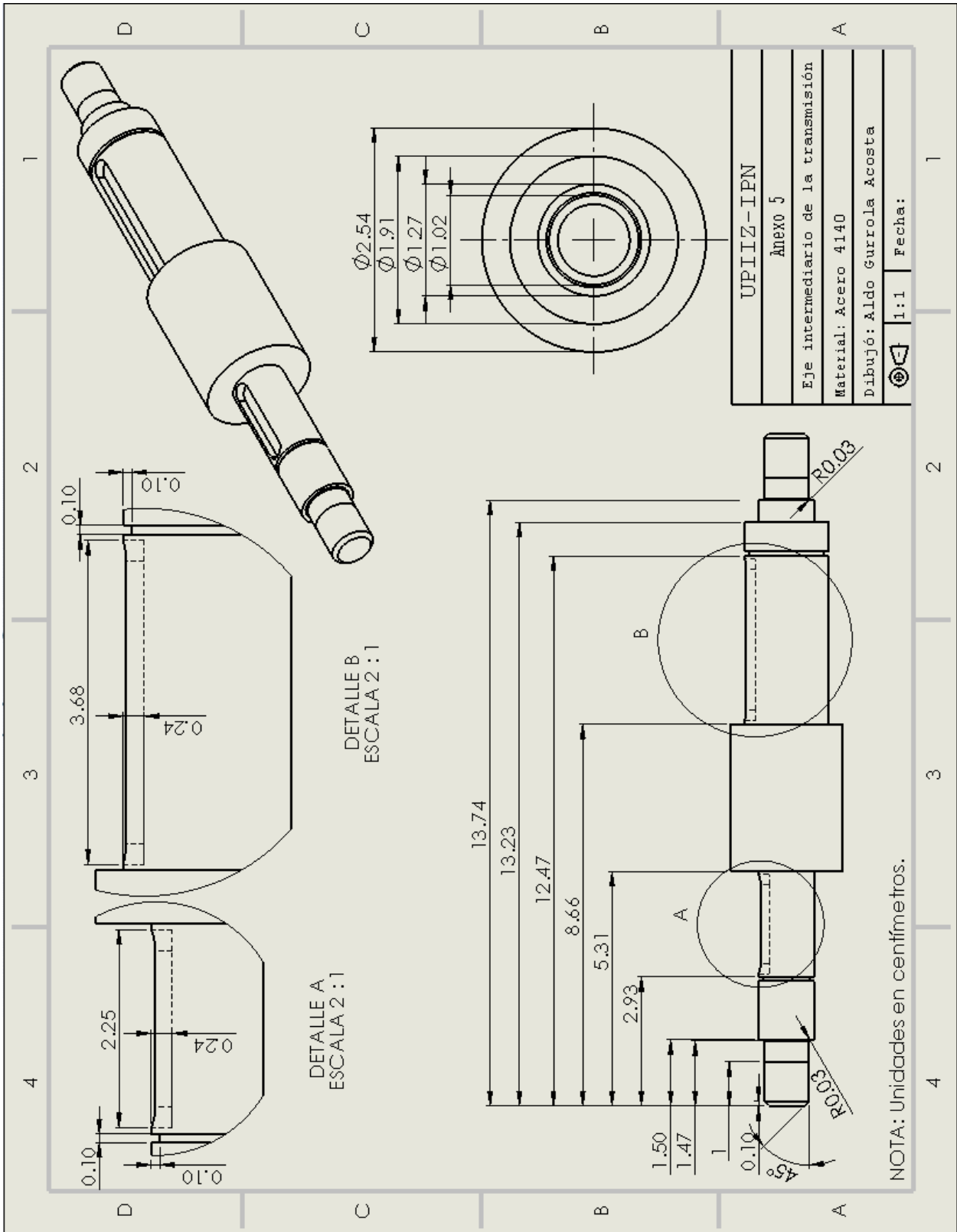
78	15.52	24.74	6.82	12.0626099	1.371116664	1.6627	1212.661215
79	12.74	22.24	7.06	8.90131323	1.047387856	1.0972	1047.558451
80	13.06	22.04	6.76	9.04283569	1.018826155	1.2443	1221.307477
81	12.18	23.26	9.06	8.90034562	1.343952188	1.1752	874.4358694
82	13.5	22.14	7.72	9.38990628	1.208167942	1.219	1008.965689
83	13.78	22.08	7.38	9.55868521	1.17571828	1.2044	1024.395061
84	13.38	23.02	5.66	9.67634413	0.912801797	1.0313	1129.818109
85	13.46	24.04	5.86	10.1655152	0.992831989	1.1777	1186.202714
86	13.52	23.3	7.16	9.89651951	1.180984662	1.3178	1115.848531
87	13.4	22.52	6.24	9.48032132	0.985953417	1.17	1186.668639
88	12.32	22.5	7.32	8.70849484	1.06243637	1.0869	1023.025972
89	14.48	25.08	6.44	11.4089576	1.224561451	1.2412	1013.587353
90	12.24	23.4	8.76	8.99802401	1.313711506	1.4245	1084.332438
91	14.28	23.96	7.16	10.7489216	1.28270464	1.2512	975.4388975
92	13.58	22.78	8.14	9.71859227	1.318489018	1.4018	1063.186709
93	13.74	23.92	6.22	10.3251835	1.070377361	1.1655	1088.868321
94	12.28	22.38	8.66	8.63392599	1.246163318	1.3005	1043.603179
95	12.74	21	7.1	8.40501699	0.994593677	1.2446	1251.365285
96	13.72	21.94	8.82	9.45672167	1.390138086	1.356	975.4426653
97	13.8	25.36	7.64	10.994569	1.399975117	1.5092	1078.019161
98	15	22.08	7.08	10.4049549	1.227784675	1.4172	1154.274059
99	14.74	24.22	6.58	11.2155737	1.229974587	1.3865	1127.259063
100	14.06	23.86	6.24	10.5391511	1.096071719	1.0477	955.8681081
101	12.98	22.78	5.78	9.28919939	0.894859541	0.9512	1062.960114
102	12.74	21.18	5.46	8.47705999	0.771412459	0.8652	1121.578982
103	13.34	20.54	6.82	8.60807697	0.978451415	1.1236	1148.345214
104	13.54	20.92	5.76	8.89877482	0.854282383	0.9322	1091.208269
105	11.4	19.42	5.36	6.95510914	0.621323084	0.7691	1237.842308
106	11.78	21.64	6.06	8.00852286	0.808860809	0.8146	1007.0954
107	14.22	22.44	7.74	10.0247216	1.29318909	1.3499	1043.853533
108	11.76	22.06	5.2	8.15009559	0.706341618	0.8144	1152.983173
109	12.74	25.4	4.62	10.1660682	0.782787249	0.8614	1100.426714
110	12.16	21.38	6.56	8.16753771	0.892984123	1.0142	1135.742477
111	13.24	21.52	7.18	8.95117659	1.071157465	1.1353	1059.881518
112	11.78	21.7	6.58	8.03072764	0.880703131	0.9044	1026.906762
113	13.78	22.8	6.12	9.87038146	1.006778909	1.043	1035.977205
114	13.46	21.48	6.56	9.08299781	0.993074428	1.0604	1067.795092
115	13.58	20.24	5.88	8.63495643	0.846225731	0.8875	1048.774538
116	12.7	21.76	6.36	8.68185413	0.920276538	0.9574	1040.339464
117	12.22	21.58	4.76	8.28461859	0.657246408	0.7072	1076.004359
118	13	22.6	6.08	9.22999922	0.935306587	1.0154	1085.633325

119	13.14	21.56	7.74	8.90008172	1.148110542	1.2692	1105.468466
120	12.6	24.42	7.86	9.66642927	1.266302234	1.214	958.6968793
121	13.2	22.4	6.04	9.28906116	0.935098823	1.0524	1125.442546
122	13.66	23.28	6.22	9.99041543	1.035673067	1.1483	1108.747574
123	11.44	23.26	5.72	8.35960212	0.796948736	0.9583	1202.461284
124	12.9	21.78	8.38	8.82668155	1.23279319	1.0821	877.7627981
125	12.2	22.28	8.1	8.53935149	1.152812451	1.0703	928.4250871
126	13.22	20	7.72	8.30637098	1.068753066	1.1512	1077.143109
127	12.88	20.82	7.34	8.42454513	1.030602687	0.9989	969.2386917
128	12.74	21.28	4.5	8.51708388	0.638781291	0.6412	1003.786443
129	13.5	19.06	9.52	8.08363206	1.282602953	1.0962	854.6682334
130	13	23.88	8.46	9.75276023	1.375139193	1.3437	977.1374468
131	13.26	18.6	7.68	7.74829846	0.991782203	1.0692	1078.059273
132	11.78	19.64	8.7	7.26836363	1.053912726	1.0611	1006.81961
133	11.84	22.32	7.7	8.30224921	1.065455315	0.94	882.2519226
134	13.24	22.72	9.12	9.45031283	1.43644755	1.5726	1094.784143
135	11.76	21.38	7.82	7.89886871	1.029485889	1.0495	1019.44088
136	15	22	6.92	10.3672558	1.195690164	1.2602	1053.951967
137	12.64	23.6	7.8	9.37149655	1.218294551	1.1454	940.1667262
138	12.66	19.4	6.28	7.71587722	0.807595149	0.9095	1126.183089
139	13.38	21.2	5.7	8.91131606	0.846575025	0.8177	965.8919474
140	12.8	22.5	8.18	9.04778684	1.23351494	1.2445	1008.905494
141	14.4	20.92	7.36	9.46398504	1.160915498	1.2926	1113.4316
142	11.74	19.94	7.5	7.35433017	0.919291271	0.9889	1075.719993
143	12.92	25	5.74	10.1473443	0.970762602	0.986	1015.696318
144	12.06	20.38	8.04	7.72149439	1.034680248	1.0044	970.7346805
145	12.4	21.12	8.68	8.22745417	1.19023837	1.0954	920.3198518
146	12.28	21.58	5.72	8.32529593	0.793678212	0.8834	1113.045547
147	12.5	21.52	6.7	8.45088424	0.943682073	0.9612	1018.563378
148	14.06	21.6	9.34	9.54089123	1.485198734	1.3675	920.7521988
149	12.46	20.7	7.24	8.1028586	0.977744938	0.984	1006.397437
150	11.82	20.2	8.38	7.50099228	1.047638589	1.1127	1062.102916

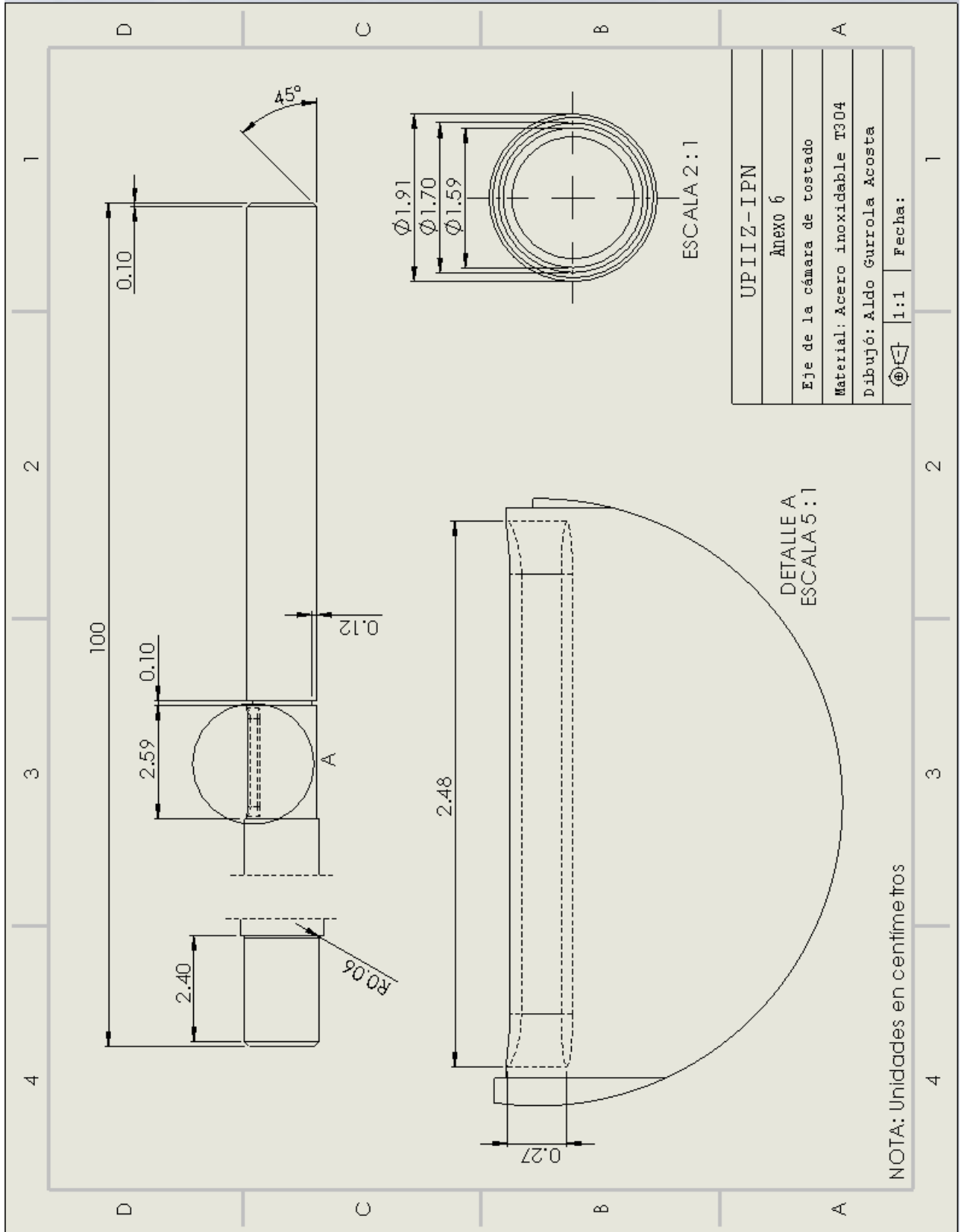
Anexo 4. Planos cámara de tostado.



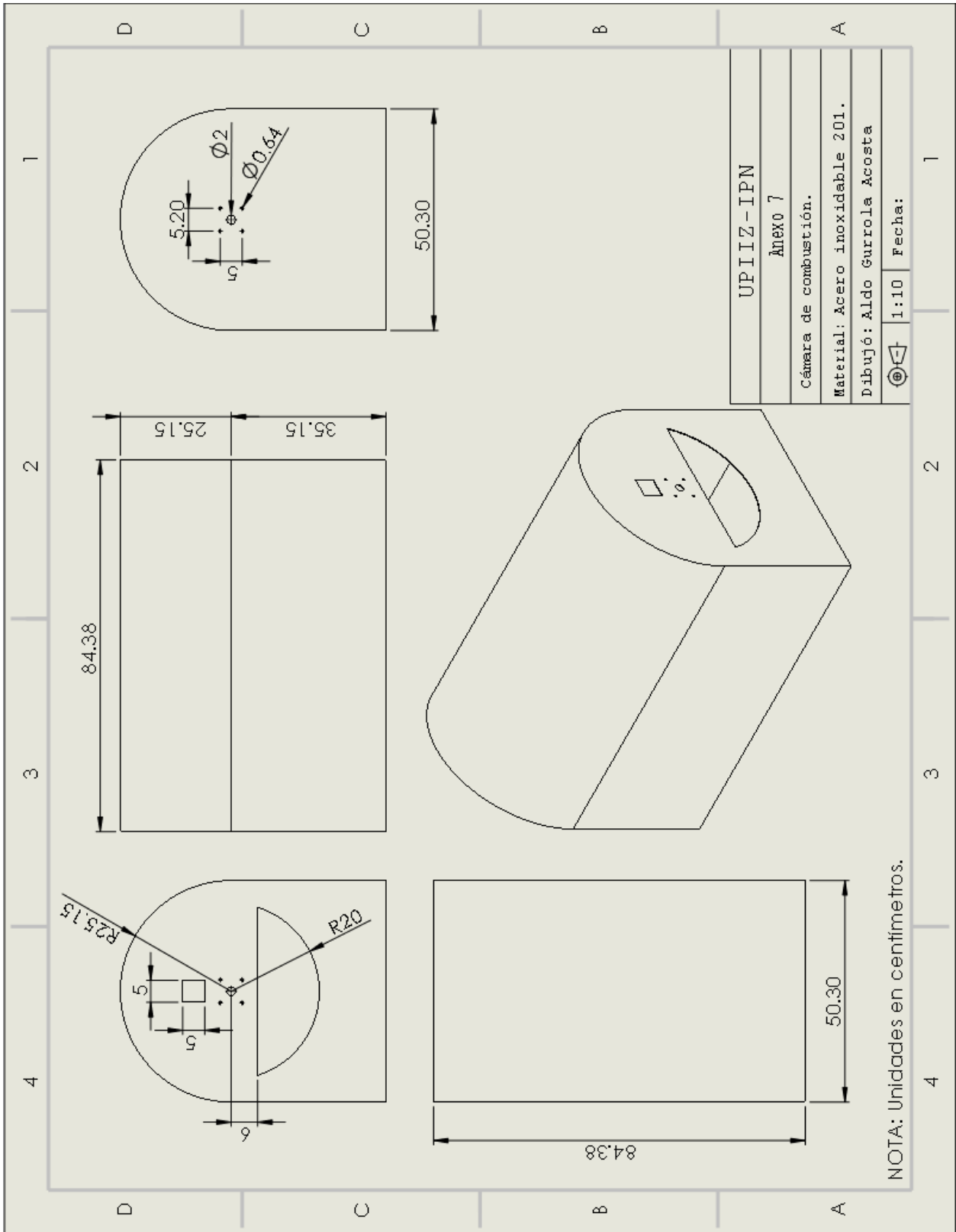
Anexo 5. Planos eje de la transmisión.



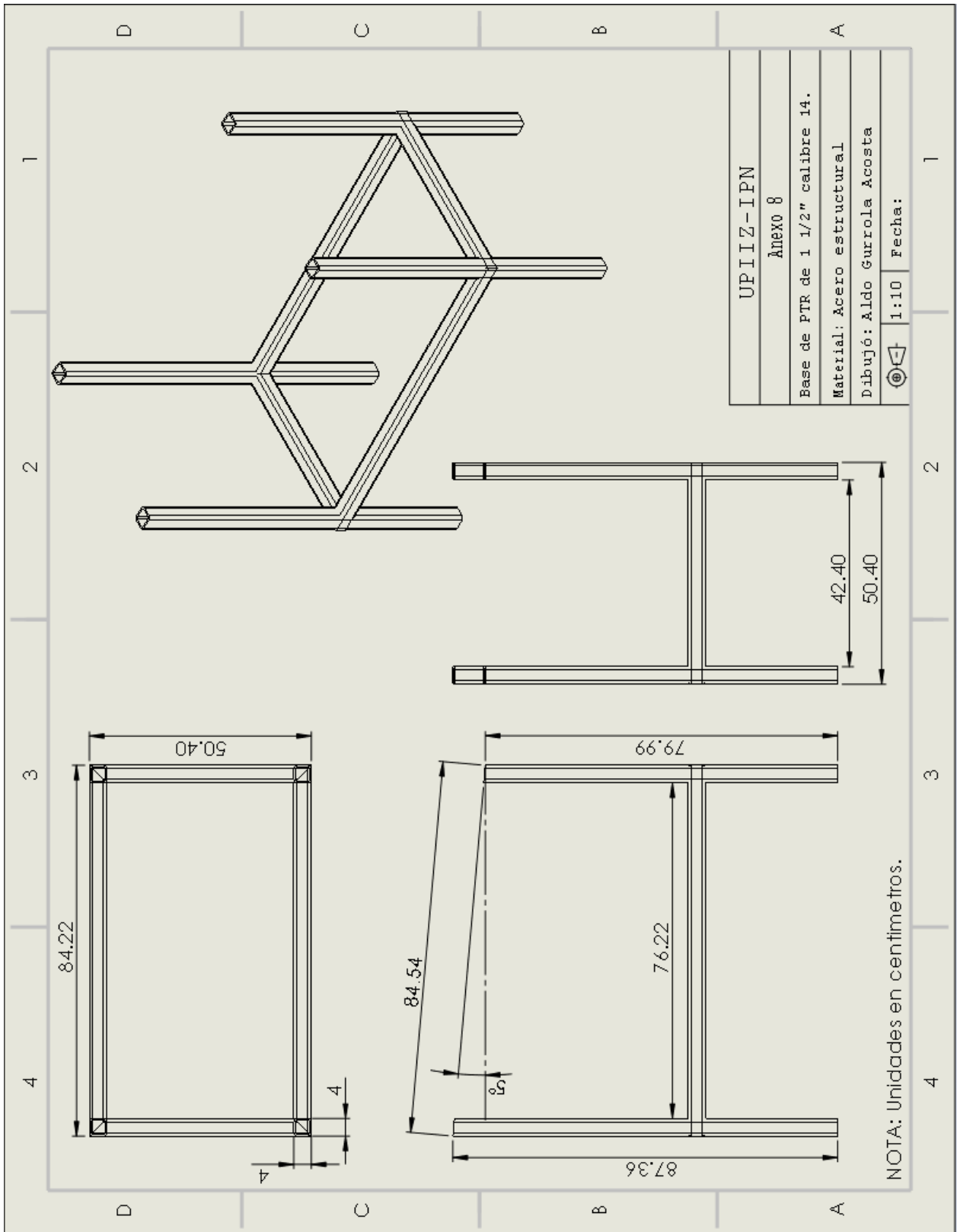
Anexo 6. Planos eje de la cámara de tostado.



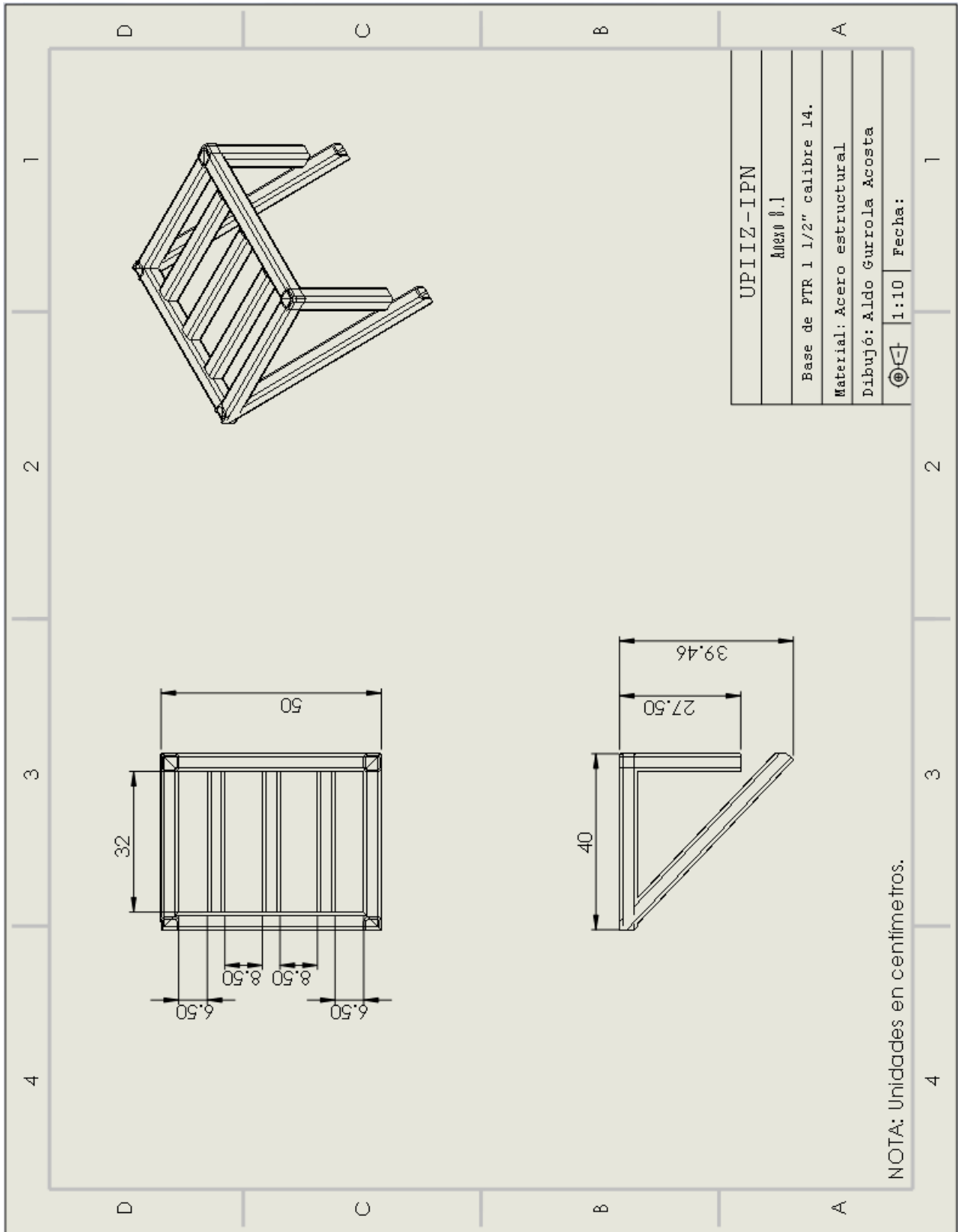
Anexo 7. Planos cámara de combustión.



Anexo 8. Planos base de PTR de la máquina de tostado.



Anexo 9. Planos base de PTR de la transmisión.



Anexo 10. Lámina acero inoxidable tipo 304 de grado alimenticio.

GRADOS	COMPOSICIÓN QUÍMICA							PROPIEDADES DEL ACERO	APLICACIONES		
	C	Cr	Ni	Mo	S	Mn	Si				
INDUSTRIALES AUSTENÍTICOS	AISI 304	< 0.08	18.0- 20.0	8.0-10.5		0.03	< 2.0	<1.0	Buena resistencia a la corrosión, excelentes propiedades de conformación en frío y soldabilidad. No se garantiza la resistencia a la corrosión intercrystalina.	Electrodomésticos, industria agrícola, alimenticia (cocinas, cubiertos, equipos de procesamiento), farmacéutica, arquitectura (fregaderos, fachadas, mobiliario urbano, etc.), equipos hospitalarios, industria criogénica (almacenamiento de gases licuados). Piezas varias en la industria química y petroquímica (tanques y recipientes para una gran variedad de líquidos corrosivos), naval y de construcción aeronáutica, equipos del tratamiento de aguas residuales, filtros automotrices, paneles de aislamiento térmico, intercambiadores de calor,	
	AISI 304 L	<0.03	18.0 - 20.0	8.0-12.0		0.03	<2.0	<1.0	Buena resistencia a la corrosión, se puede trabajar en frío y soldar fácilmente. Resistencia a la corrosión intercrystalina. Hasta 350°C	Procesos en general en donde las condiciones del medio (líquidos o gases) son químicamente más agresivos (presencia de cloruros, peróxido de sodio, etc.). Ej.: atmósferas marinas e industriales. Fabricación de equipos para la industria textil, petroquímica y de electrodomésticos. Industria farmacéutica,	
	AISI 316	<0.08	16.0-18.5	10-14.0	2.0-3.0		0.03	<2.0	<0.03	Resistencia mejorada a los ácidos no oxidantes y a la corrosión extrema debido al contenido de molibdeno	
	AISI 316L	<0.03	16.0-18.5	10-14.0	2.0-3.0	0.03	<2.0	<0.03	Resistencia a la corrosión intercrystalina hasta los 400°C y a la corrosión superficial. Es apto para el pulido.		
	AISI 310 S	<0.08	24.0 - 26.0	19.0 - 22.0		0.03	<2.0	<1.5	Insensible al resquebrajamiento a altas temperaturas. Buena resistencia a la oxidación hasta 1000°C. Buena resistencia a la fluencia a alta temperatura.	Procesos que requieran resistencia mecánica y a la oxidación a altas temperaturas con resistencia al fenómeno de "escamado". Hornos, Calderas, cámaras de combustión, hornos para tratamiento térmico de aceros.	

PROPIEDADES FÍSICAS MEDIAS DE LOS ACEROS AUSTENÍTICOS

Densidad Kg/dm ³	7,9
Módulo de Elasticidad Gpa	193
Módulo de Poisson	0,26
Calor Específico J/kg.°K	500
Conductividad Térmica W/mk	A 100°C 16,2
	A 500°C 21,5
Resistividad Eléctrica 10 ⁹ Ωm	725
Coeficiente de expansión térmica μm/mK	0-100°C 16.5
	0-315°C 17,2
	0-540°C 17.9
	0-700°C 18,5
Propiedades magnéticas	No magnético, aunque se convierte en ligeramente magnético cuando es trabajado en frío.

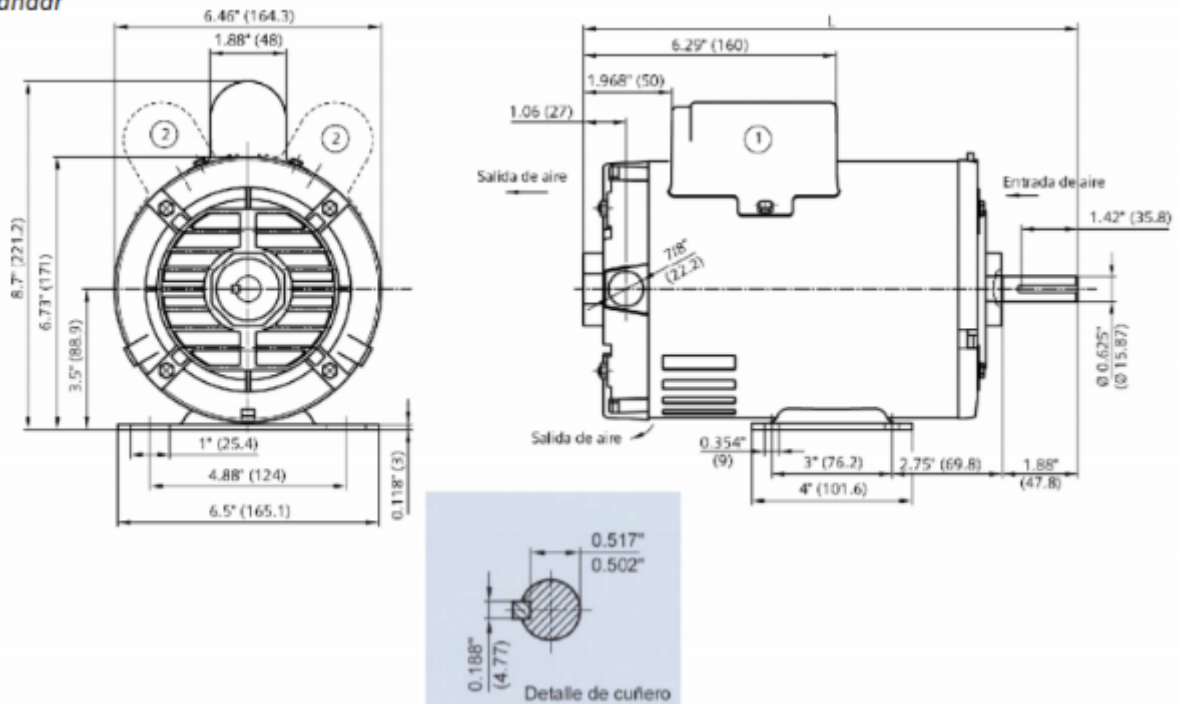
Anexo 11. Motor monofásico SIEMENS.

Tabla de selección

Motores monofásicos jaula de ardilla a prueba de goteo; aislamiento clase B; 4 polos

Potencia HP	MLFB	Catálogo SAP	RPM	Tensión V	Corriente nominal A	Factor de servicio	Corriente a F.S. A	Peso neto kg	Long. L mm
Arranque por capacitor, base rígida, con balero (Uso General)									
0,25	1RF30524YC31	A7B10000005060	1760	127**	5,4	1,6	6,0	7,4	254
0,50	1RF30544YC31	A7B10000005072	1745	127**	9,5	1,3	10,0	9,2	271
0,75	1RF30554YC41	A7B10000009468	1735/1720	127/220	12,7/5,8	1,25	14,0/7,0	12,6	291
1,0	1RF30564YC41	A7B10000009469	1745/1720	127/220	16/7,4	1,15	16,9/8,2	15,4	313
1,5 ¹⁾	1RF30574YB41	1RF30574YB41	1740/1720	127/220	13,8/7,2	1,15	15,2/8,3	14,3	313
2 ¹⁾	1RF30584YB41	1RF30584YB41	1730/1710	127/220	18,2/9,6	1,0	---	15,4	313

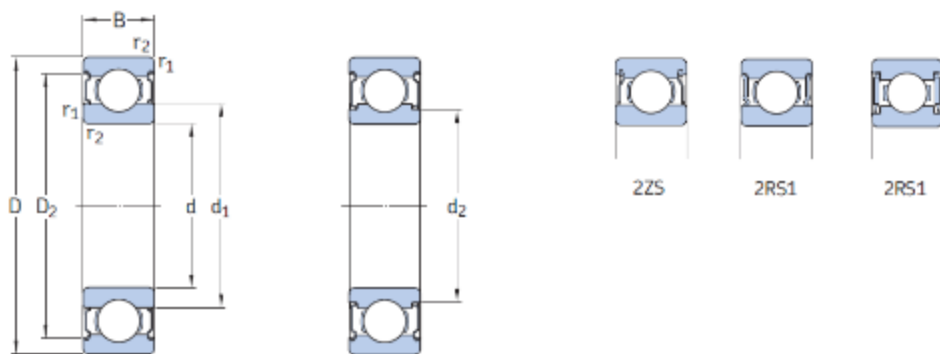
Estándar



- 1) Motores de fase dividida, no llevan capacitor.
L= Ver última columna de la tabla de selección.
- 2) Motor de 2HP-4 Polos, con capacitores de arranque y de trabajo.

Anexo 12. Rodamientos para el eje de la cámara de tostado (catálogo de rodamientos SKF).

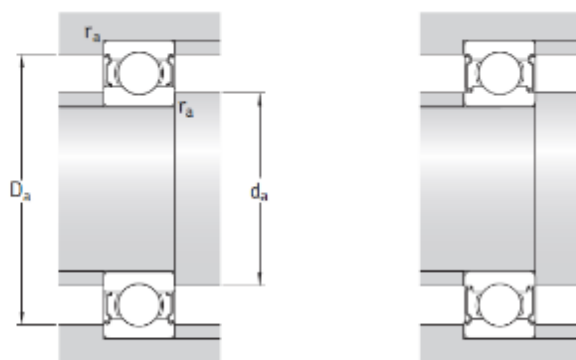
1.7 Rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable tapados
d **17 – 25** mm



2Z

2Z

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		g	-
17	40	12	8,06	4,75	0,2	-	12 000	64,5	W 6203-2RS1



Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo				Factores de cálculo	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} min.	d _s min.	d _s máx.	D _s máx.	r _s máx.	k _r	f ₀
mm					mm				-	
17	24,9	-	35,8	0,6	21	24,5	37,5	0,6	0,03	13

Anexo 13. Engranés de entrada para la transmisión (catálogo de engranes Martin).

16 DP

Cara $\frac{3}{4}$ "

Engranés Rectos de Acero y Hierro Fundido en Existencia

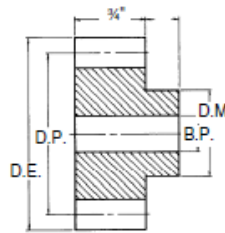
Ángulo de Presión 20°



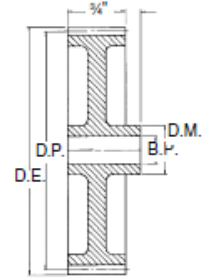
Tipo B
Sencillo con Maza en Acero



Tipo B₃
Con Alma y Rayos de Hierro Fundido



Tipo B



Tipo B₃

Acero

Número de Dientes	Número de Parte	Ángulo de Presión	Diámetro		Tipo	Barreno (Pulg.)		Maza (Pulg.)		Peso Aprox. (lb)
			Paso	Exterior		Piloto	Máx.*	Diámetro	Proy.	
12	TS1612	20	.750	.875	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	0.09
13	TS1613	20	.812	.938	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	0.11
14	TS1614	20	.875	1.000	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.14
15	TS1615	20	.937	1.063	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	0.17
16	TS1616	20	1.000	1.125	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	0.17
17	TS1617	20	1.062	1.188	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	0.20
18	TS1618	20	1.125	1.250	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	0.24
20	TS1620	20	1.250	1.375	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.28
21	TS1621	20	1.312	1.438	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.32
22	TS1622	20	1.375	1.500	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.36
24	TS1624	20	1.500	1.625	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.46
26	TS1626	20	1.625	1.750	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.56
28	TS1628	20	1.750	1.875	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.65
30	TS1630	20	1.875	2.000	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.77
32	TS1632	20	2.000	2.125	B	$\frac{3}{8}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.90
36	TS1636	20	2.250	2.375	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{2}$	1.18
40	TS1640	20	2.500	2.625	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	2	$\frac{3}{8}$	1.48
48	TS1648	20	3.000	3.125	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	2	$\frac{3}{8}$	1.94
56	TS1656	20	3.500	3.625	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	2.79
60	TS1660	20	3.750	3.875	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	3.28
64	TS1664	20	4.000	4.125	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	3.74
72	TS1672	20	4.500	4.625	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	3	$\frac{3}{8}$	4.69
80	TS1680	20	5.000	5.125	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	6.03
84	TS1684	20	5.250	5.375	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	6.46
96	TS1696	20	6.000	6.125	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	3 $\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	7.86
104	TS16104	20	6.500	6.625	B	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	3 $\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	8.91

Anexo 14. Engranés de salida para la transmisión (catálogo de engranes Martin).

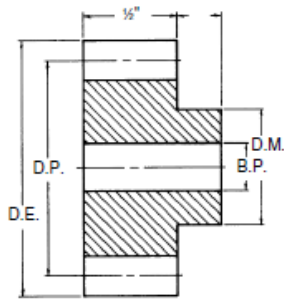


Engranés Rectos de Acero en Existencia

Ángulo de Presión 20°

20 DP

Cara 1/2"



Tipo B



Tipo B
Sencillo con Maza
en Acero

Acero

Número de Dientes	Número de Parte	Ángulo de Presión	Diámetro		Tipo	Barreno (Pulg.)		Maza (Pulg.)		Peso Aprox. (lb)
			Paso	Exterior		Piloto	Máx.*	Diámetro	Proy.	
12	TS2012	20	.600	.700	B	3/16	3/16	1/2	3/16	0.04
14	TS2014	20	.700	.800	B	3/16	3/16	5/8	3/16	0.06
15	TS2015	20	.750	.850	B	3/8	3/8	3/4	3/16	0.07
16	TS2016	20	.800	.900	B	3/8	3/8	7/8	3/16	0.08
18	TS2018	20	.900	1.000	B	3/8	3/8	3/4	3/16	0.12
20	TS2020	20	1.000	1.100	B	1/2	1/2	5/8	3/16	0.13
21	TS2021	20	1.050	1.150	B	1/2	1/2	3/4	3/16	0.15
22	TS2022	20	1.100	1.200	B	1/2	1/2	7/8	3/16	0.17
24	TS2024	20	1.200	1.300	B	1/2	3/8	1 1/16	3/16	0.22
25	TS2025	20	1.250	1.350	B	1/2	3/8	1 1/8	3/16	0.24
28	TS2028	20	1.400	1.500	B	1/2	7/16	1 1/4	3/16	0.32
30	TS2030	20	1.500	1.600	B	1/2	7/16	1 3/8	3/16	0.38
32	TS2032	20	1.600	1.700	B	1/2	3/8	1 1/16	1/2	0.46
35	TS2035	20	1.750	1.850	B	1/2	7/8	1 1/8	1/2	0.56
36	TS2036	20	1.800	1.900	B	1/2	7/16	1 1/2	1/2	0.60
40	TS2040	20	2.000	2.100	B	1/2	1 1/16	1 9/16	1/2	0.76
45	TS2045	20	2.250	2.350	B	1/2	1 1/4	2	1/2	0.95
50	TS2050	20	2.500	2.600	B	1/2	1 1/4	2	1/2	1.08
60	TS2060	20	3.000	3.100	B	1/2	1 1/8	2 1/8	1/2	1.45
70	TS2070	20	3.500	3.600	B	1/2	1 1/8	2 1/8	1/2	1.93
72	TS2072	20	3.600	3.700	B	1/2	1 1/8	2 1/8	1/2	2.01
80	TS2080	20	4.000	4.100	B	3/4	1 1/2	2 1/2	3/4	2.35
84	TS2084	20	4.200	4.300	B	3/4	1 1/2	2 1/2	3/4	2.53
90	TS2090	20	4.500	4.600	B	3/4	1 1/2	2 1/2	3/4	2.82
96	TS2096	20	4.800	4.900	B	3/4	1 1/2	2 1/2	3/4	3.14
100	TS20100	20	5.000	5.100	B	3/4	1 1/2	2 1/2	3/4	3.35
120	TS20120	20	6.000	6.100	B	3/4	1 1/2	2 1/2	3/4	4.58

* Barreno máximo recomendado con cuñero y opresor.

Anexo 15. Capacidades de potencia para piñón y engranaje de entrada.

Capacidad de Potencia HP (Aprox.) de Engranajes Rectos

Ángulo de Presión 20°



Para
Servicio Clase I (Factor de Servicio = 1.0)

Paso Diametral 16

Ángulo de Presión 20°

Cara ¾"

Número de Dientes	25 RPM		50 RPM		100 RPM		200 RPM		300 RPM		500 RPM		600 RPM		900 RPM		1200 RPM		1800 RPM	
	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI
11	0.04		0.07		0.14		0.27		0.40		0.63		0.73		1.02		1.28		1.69	
12*	0.04		0.08		0.17		0.32		0.47		0.74		0.87		1.21		1.51		2.00	
13*	0.05		0.10		0.19		0.38		0.55		0.87		1.01		1.41		1.76		2.33	
14*	0.06		0.11		0.22		0.42		0.62		0.98		1.14		1.59		1.98		2.63	
15*	0.06		0.12		0.24		0.48		0.69		1.10		1.28		1.79		2.22		2.95	
16*	0.07		0.14		0.27		0.52		0.76		1.19		1.40		1.94		2.42		3.21	
17*	0.07		0.15		0.29		0.56		0.82		1.30		1.52		2.12		2.63		3.49	
18*	0.08		0.16		0.31		0.61		0.89		1.40		1.64		2.28		2.84		3.77	
19	0.09		0.17		0.34		0.65		0.95		1.51		1.76		2.46		3.06		4.05	
20*	0.09		0.18		0.36		0.70		1.02		1.62		1.89		2.64		3.28		4.35	
21*	0.10		0.20		0.39		0.75		1.09		1.73		2.02		2.81		3.50		4.64	
22*	0.10		0.21		0.41		0.80		1.16		1.84		2.15		2.99		3.72		4.93	
24*	0.12		0.23		0.46		0.89		1.29		2.04		2.39		3.33		4.15		5.50	
25	0.12		0.24		0.48		0.93		1.36		2.15		2.51		3.50		4.36		5.78	
26*	0.13		0.26		0.50		0.98		1.43		2.26		2.64		3.69		4.59		6.08	
27	0.14		0.27		0.53		1.03		1.50		2.38		2.78		3.87		4.82		6.38	
28*	0.14		0.28		0.56		1.08		1.58		2.49		2.91		4.06		5.06		6.70	
30*	0.15		0.31		0.61		1.18		1.72		2.72		3.18		4.43		5.51		7.30	
32*	0.17		0.33		0.66		1.28		1.86		2.94		3.44		4.80		5.98		7.91	
33	0.17		0.35		0.68		1.33		1.94		3.06		3.58		4.99		6.21		8.23	
35	0.19		0.37		0.74		1.44		2.09		3.31		3.87		5.39		6.72		8.89	
36*	0.20		0.39		0.77		1.49		2.17		3.43		4.01		5.59		6.96		9.22	
40*	0.22		0.45		0.88		1.71		2.49		3.93		4.60		6.41		7.98		10.57	
42	0.24		0.47		0.93		1.81		2.64		4.17		4.88		6.80		8.47			
44	0.25		0.50		0.99		1.92		2.80		4.42		5.16		7.20		8.96			
45	0.26		0.51		1.01		1.97		2.87		4.54		5.31		7.40		9.21			
48*	0.28		0.56		1.10		2.14		3.12		4.93		5.76		8.03		10.00			
50	0.29		0.58		1.15		2.24		3.26		5.16		6.03		8.41		10.47			
52	0.31		0.61		1.21		2.34		3.42		5.40		6.32		8.81		10.96			
54	0.32		0.64		1.26		2.45		3.58		5.65		6.61		9.21		11.47			
55	0.33		0.65		1.29		2.50		3.64		5.76		6.73		9.38		11.68			
56*	0.34		0.67		1.31		2.55		3.72		5.88		6.87		9.58					
60*	0.36		0.72		1.43		2.77		4.04		6.39		7.47		10.41					
64*	0.39		0.78		1.53		2.98		4.34		6.86		8.02		11.18					
66	0.41		0.81		1.59		3.08		4.50		7.11		8.31		11.58					
70	0.43		0.86		1.70		3.29		4.81		7.59		8.88		12.37					
72*	0.45		0.88		1.74		3.39		4.94		7.81		9.13		12.73					
80*	0.50		1.00		1.97		3.83		5.58		8.82		10.31		14.37					
84*	0.53		1.06		2.08		4.05		5.90		9.32		10.90		15.19					
88*	0.56		1.11		2.19		4.25		6.20		9.79		11.45							
90	0.57		1.14		2.24		4.35		6.35		10.03		11.73							
96*	0.62		1.22		2.41		4.68		6.82		10.78		12.60							
100	0.64		1.27		2.51		4.88		7.12		11.25		13.16							
108		0.33		0.66		1.31		2.54		3.71		5.86		6.85						
110		0.34		0.68		1.34		2.60		3.79		5.98		6.99						
112*		0.35		0.69		1.36		2.64		3.85		6.09		7.12						
120		0.37		0.74		1.47		2.85		4.16		6.57		7.68						
144*		0.36		0.71		1.39		2.71		3.95		6.24								
160*		0.51		1.01		1.99		3.87		5.64		8.91								
200		0.64		1.27		2.51		4.88		7.11		11.24								

Las capacidades de potencia están basadas en cálculos de resistencia.

* Indica los tamaños en existencia para este paso.

Anexo 16. Capacidades de potencia para piñón y engranaje de salida.



Capacidad de Potencia HP (Aprox.) de Engranajes Rectos

Ángulo de Presión 20°

Para
Servicio Clase I (Factor de Servicio = 1.0)
Paso Diametral 20

Ángulo de Presión 20°

Cara 1/2"

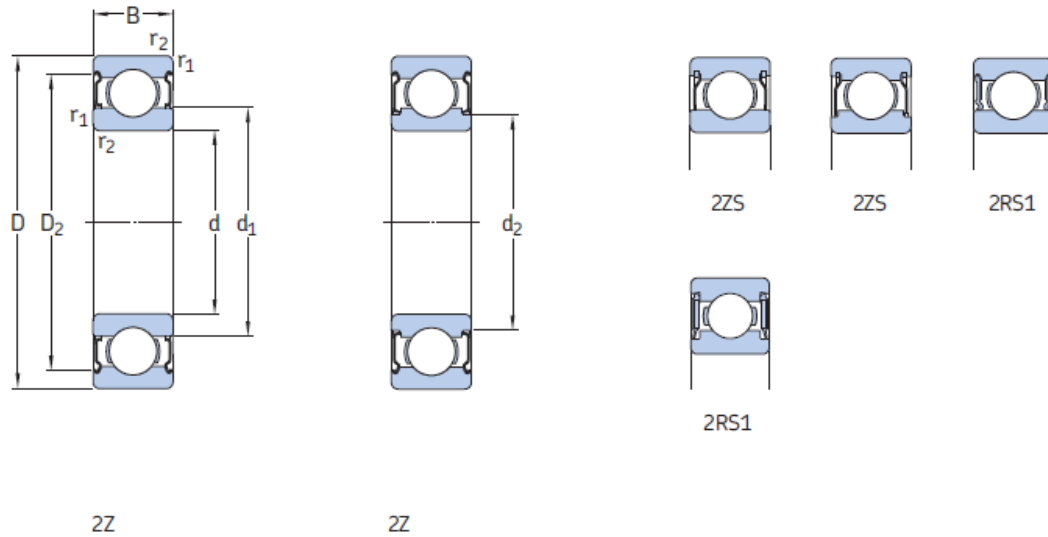
Número de Dientes	25 RPM		50 RPM		100 RPM		200 RPM		300 RPM		500 RPM		600 RPM		900 RPM		1200 RPM		1800 RPM	
	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI	S	CI
11	0.02		0.03		0.06		0.12		0.17		0.28		0.32		0.46		0.57		0.78	
12*	0.02		0.04		0.07		0.14		0.20		0.33		0.38		0.54		0.68		0.92	
13	0.02		0.04		0.08		0.16		0.24		0.38		0.45		0.63		0.79		1.07	
14*	0.02		0.05		0.09		0.18		0.27		0.43		0.50		0.71		0.89		1.20	
15*	0.03		0.05		0.11		0.21		0.30		0.48		0.56		0.80		1.00		1.35	
16*	0.03		0.06		0.11		0.22		0.33		0.52		0.61		0.87		1.09		1.47	
17	0.03		0.06		0.12		0.24		0.36		0.57		0.67		0.94		1.19		1.60	
18*	0.03		0.07		0.13		0.26		0.38		0.61		0.72		1.02		1.28		1.73	
19	0.04		0.07		0.14		0.28		0.41		0.66		0.78		1.10		1.38		1.86	
20*	0.04		0.08		0.16		0.30		0.44		0.71		0.83		1.18		1.48		2.00	
21*	0.04		0.08		0.17		0.32		0.47		0.76		0.89		1.25		1.58		2.13	
22*	0.04		0.09		0.18		0.34		0.50		0.80		0.94		1.33		1.68		2.26	
24*	0.05		0.10		0.20		0.38		0.56		0.90		1.05		1.49		1.87		2.52	
25*	0.05		0.10		0.21		0.40		0.59		0.94		1.11		1.56		1.96		2.65	
26	0.06		0.11		0.22		0.42		0.62		0.99		1.16		1.64		2.07		2.79	
27	0.06		0.12		0.23		0.44		0.65		1.04		1.22		1.73		2.17		2.93	
28*	0.06		0.12		0.24		0.47		0.68		1.09		1.28		1.81		2.28		3.07	
30*	0.07		0.13		0.26		0.51		0.75		1.19		1.40		1.97		2.48		3.35	
32*	0.07		0.14		0.28		0.55		0.81		1.29		1.52		2.14		2.69		3.63	
33	0.07		0.15		0.29		0.57		0.84		1.34		1.58		2.22		2.80		3.78	
35*	0.08		0.16		0.32		0.62		0.91		1.45		1.70		2.40		3.03		4.08	
36*	0.08		0.17		0.33		0.64		0.94		1.50		1.77		2.49		3.14		4.23	
40*	0.10		0.19		0.38		0.74		1.08		1.72		2.02		2.86		3.60		4.85	
42	0.10		0.20		0.40		0.78		1.15		1.83		2.15		3.03		3.81		5.15	
44	0.11		0.21		0.42		0.83		1.21		1.93		2.27		3.21		4.04		5.45	
45*	0.11		0.22		0.44		0.85		1.25		1.99		2.34		3.30		4.15		5.60	
48	0.12		0.24		0.47		0.92		1.35		2.16		2.54		3.58		4.50		6.08	
50*	0.13		0.25		0.49		0.97		1.42		2.26		2.65		3.75		4.71		6.36	
52	0.13		0.26		0.52		1.01		1.48		2.37		2.78		3.92		4.94		6.66	
54	0.14		0.27		0.54		1.06		1.55		2.48		2.91		4.10		5.17			
55	0.14		0.28		0.55		1.08		1.58		2.52		2.96		4.18		5.26			
56	0.14		0.28		0.56		1.10		1.61		2.57		3.02		4.27		5.37			
60*	0.16		0.31		0.61		1.20		1.75		2.80		3.29		4.64		5.84			
64	0.17		0.33		0.66		1.28		1.88		3.01		3.53		4.98		6.27			
66	0.17		0.34		0.68		1.33		1.95		3.11		3.66		5.16		6.50			
70*	0.19		0.37		0.73		1.42		2.08		3.33		3.91		5.51		6.94			
72*	0.19		0.38		0.75		1.46		2.14		3.42		4.02		5.67		7.14			
80*	0.22		0.43		0.85		1.65		2.42		3.86		4.54		6.40					
84*	0.23		0.45		0.89		1.75		2.56		4.08		4.80		6.77					
88	0.24		0.47		0.94		1.83		2.69		4.29		5.04		7.11					
90*	0.24		0.49		0.96		1.88		2.76		4.40		5.16		7.29					
96*	0.26		0.52		1.03		2.02		2.96		4.72		5.55		7.83					
100*	0.27		0.55		1.08		2.11		3.09		4.93		5.79		8.17					
108	0.30		0.59		1.17		2.29		3.35		5.35		6.28							
110	0.30		0.60		1.19		2.33		3.42		5.46		6.41							
112	0.31		0.62		1.22		2.38		3.48		5.56		6.53							
120*	0.33		0.66		1.31		2.56		3.76		5.99		7.04							
144	0.32		0.63		1.25		2.43		3.57		5.69		6.69							
160	0.45		0.90		1.78		3.48		5.10		8.13		9.56							
200	0.57		1.14		2.24		4.38		6.43		10.26		12.05							

Las capacidades de potencia están basadas en cálculos de resistencia.

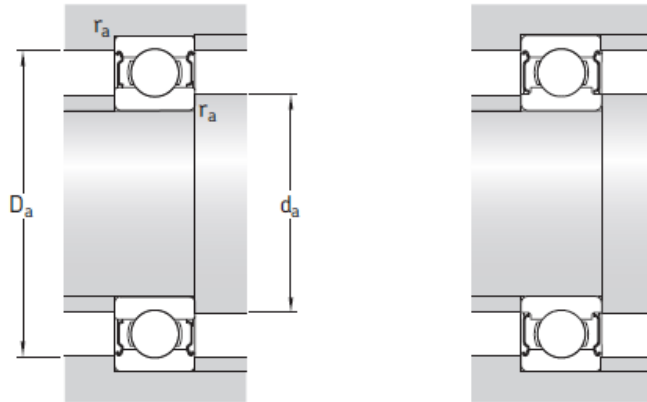
• Indica los tamaños en existencia para este paso.

Anexo 17. Rodamientos para el eje intermediario de la transmisión (catálogo de rodamientos SKF).

1.7 Rodamientos rígidos de bolas de acero inoxidable tapados
d **9–12** mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		g	–
9	14	4,5	0,52	0,236	0,01	95 000	45 000	1,8	W 637/9-2ZS
	17	5	0,761	0,335	0,014	–	24 000	4,2	W 628/9-2RS1
	17	5	0,761	0,335	0,014	85 000	43 000	4,1	W 628/9-2Z
	17	6	0,761	0,335	0,014	85 000	43 000	4,9	W 638/9-2Z
	20	6	2,12	1,06	0,045	80 000	40 000	7,7	W 619/9-2Z
	20	6	2,12	1,06	0,045	–	22 000	7,6	W 619/9-2RS1
	24	7	2,03	0,815	0,036	–	20 000	14,5	W 609-2RS1
	24	7	2,03	0,815	0,036	70 000	36 000	14,5	W 609-2Z
	26	8	3,97	1,96	0,083	–	19 000	19	W 629-2RS1
	26	8	3,97	1,96	0,083	67 000	32 000	19,5	W 629-2Z
10	30	10	4,94	2,32	0,1	–	16 000	35	W 639-2RS1
	30	10	4,94	2,32	0,1	60 000	30 000	33,5	W 639-2Z
	15	4	0,488	0,22	0,009	–	24 000	1,8	W 61700 X-2RS1
	15	4	0,488	0,22	0,009	85 000	43 000	1,8	W 61700 X-2Z
	19	5	1,48	0,83	0,036	–	22 000	5,2	W 61800-2RS1



Dimensiones					Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo				Factores de cálculo		
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} min.	d _a mín.	d _a máx.	D _a máx.	r _a máx.	k _r	f ₀	
mm					mm				-		
9	-	10,2	13,2	0,1	9,8	10,2	13,3	0,1	0,02	7,8	
	-	10,7	15,2	0,2	10,3	10,6	15,4	0,2	0,02	7,7	
	-	10,7	15,2	0,2	10,3	10,6	15,4	0,2	0,02	7,7	
	-	10,7	15,2	0,2	10,3	10,6	15,4	0,2	0,02	7,7	
	11,6	-	17,5	0,3	11	11,5	18	0,3	0,025	13	
	11,6	-	17,5	0,3	11	11,5	18	0,3	0,025	13	
	-	12,1	20,5	0,3	11	12	22	0,3	0,03	7,5	
	-	12,1	20,5	0,3	11	12	22	0,3	0,03	7,5	
	-	13,9	22,4	0,6	13	13,8	22,6	0,6	0,03	12	
	-	13,9	22,4	0,6	13	13,8	22,6	0,6	0,03	12	
	-	15,3	25,3	0,6	13	15,2	26	0,6	0,035	13	
	-	15,3	25,3	0,6	13	15,2	26	0,6	0,035	13	
	10	11,2	-	14,2	0,15	11	11	14,5	0,15	0,015	8
		11,2	-	14,1	0,15	11	11	14,5	0,15	0,015	8
-		11,8	17,2	0,3	11,5	11,5	17,5	0,3	0,02	15	

Anexo 18. Código menú tostadora.

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Keypad.h>

char tecla;
int cant = 5;
LiquidCrystal lcd (13,12,11,10,9,8);

//configuracion teclado matricial

const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 4;
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'*','0','#','D'}
};
byte rowPins [ROWS] = {4,5,6,7}; //Asignacion pines filas
byte colPins [COLS] = {0,1,2,3}; //Asignacion pines columnas
Keypad customKeypad = Keypad( makeKeymap(hexaKeys), rowPins, colPins, ROWS,
COLS); // variable_mapa de la matriz

void setup() {
  lcd.setCursor(0,0); // posicion del cursor de la LCD
}

void loop() {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor (0, 0);
  lcd.print("Instituto Politécnico Nacional ");
  lcd.setCursor (0, 1);
  lcd.print("Menu Tostadora ");
  delay(3000);

  lcd.clear();
  lcd.setCursor (0, 0);
  lcd.print("Elija una opción: ");
  lcd.setCursor (0, 1);
  lcd.print("1. Tipo de semilla");
  lcd.setCursor (0, 2);
  lcd_print("2. Cant. de semilla");
  lcd_setCursor(0, 3);
  lcd_print("3. Modificar tostado");

  tecla=customKeypad.getKey();
```

```

//MSNinicio();
if(tecla) // comparacion de tecla presionada con la indicada en el menu
{
switch(tecla)
{
case '1': // pantalla principal
    lcd.clear();
    lcd.setCursor (0, 0);
    lcd.print("Elija una opción: ");
    lcd.setCursor (0, 1);
    lcd.print("1.Maiz  4.Frijol soya");
    lcd.setCursor (0, 2);
    lcd.print("2.Haba 5.Garbanzo");
    lcd.setCursor (0, 3);
    lcd.print("3.Cacao 6.Menu principal");
tecla=customKeypad.getKey(); // leemos teclado
if (tecla){

switch(tecla)
{
case '2':
    lcd.clear();
    lcd.setCursor (0, 0);
    lcd.print("Ingrese la cantidad");
    lcd.setCursor (0, 1);
    lcd.print("de semilla a tostar");
    lcd.setCursor (0, 2);
    lcd.print("[Min. 5, Max. 20]");
    break;
}
}
}

```

Anexo 19. Pantalla LCD 20x4.

Pin Configuration

Pin No.	Pin Name	Descriptions
1	VSS	Ground
2	VDD	Supply voltage for logic
3	V0	Input voltage for LCD
4	RS	H : Data signal, L : Instruction signal
5	R/W	H : Read mode, L : Write mode
6	E	Chip enable signal
7	DB0	Data bit 0
8	DB1	Data bit 1
9	DB2	Data bit 2
10	DB3	Data bit 3
11	DB4	Data bit 4
12	DB5	Data bit 5
13	DB6	Data bit 6
14	DB7	Data bit 7
15	LED_A	Backlight Anode
16	LED_K	Backlight Cathode

4.2 Absolute Maximum Ratings

ITEM	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Power Supply for Logic	VDD-VSS	-0.3	-	+7.0	V
Power Supply for LCD	VLCD	VDD-15	-	VDD+0.3	V
Input Voltage	VIN	-0.3	-	VDD+0.3	V
Supply Current for Backlight	ILED	-	-	75	mA

4.3 Electrical Characteristics

ITEM	SYMBOL	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Power Supply for LCM	VDD-VSS	VDD=5V	4.8	5.0	5.2	V
		VDD=3.3V	3.0	3.3	3.6	V
Input Voltage	VIL	L Level	-0.2	-	1	V
	VIH	H Level	VDD-1.0	-	VDD	V
LCD Driving Voltage	VDD-V0	-	4.5	4.8	5.1	V
Supply Current for LCM	IDD	-	-	-	2000.0	uA
Supply Current for Backlight	ILED	-	-	45	-	mA

Anexo 20. Termocupla tipo K.

MAXIMUM TEMPERATURE RANGE

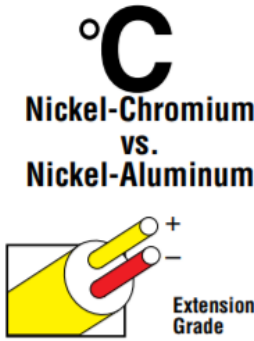
Thermocouple Grade
 - 328 to 2282°F
 - 200 to 1250°C

Extension Grade
 32 to 392°F
 0 to 200°C

LIMITS OF ERROR
 (whichever is greater)
Standard: 2.2°C or 0.75% Above 0°C
 2.2°C or 2.0% Below 0°C
Special: 1.1°C or 0.4%

COMMENTS, BARE WIRE ENVIRONMENT:
 Clean Oxidizing and Inert; Limited Use in Vacuum or Reducing; Wide Temperature Range; Most Popular Calibration

TEMPERATURE IN DEGREES °C
REFERENCE JUNCTION AT 0°C



Revised Thermocouple Reference Tables

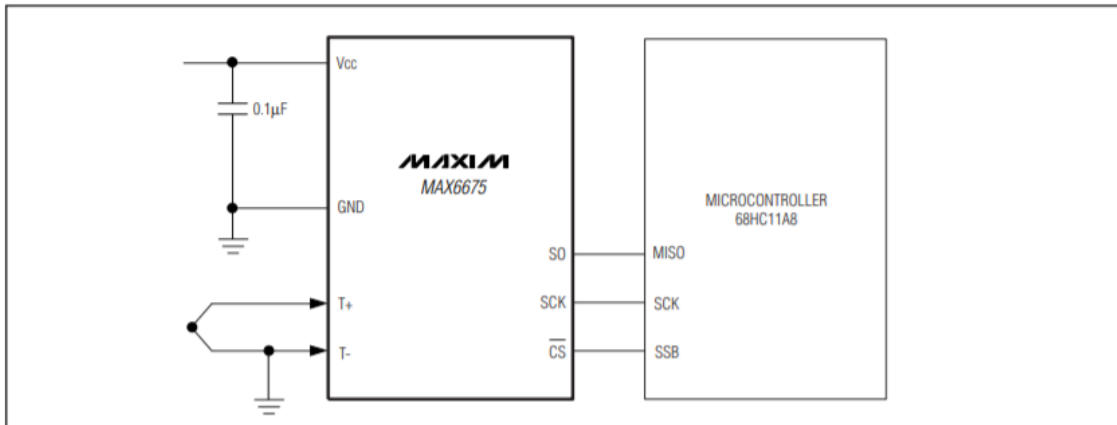
TYPE K
 Reference Tables
 N.I.S.T. Monograph 175
 Revised to ITS-90

IEC color code
 ANSI color code

Thermoelectric Voltage in Millivolts

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
-260	-6.458	-6.457	-6.456	-6.455	-6.453	-6.452	-6.450	-6.448	-6.446	-6.444	-6.441	-260	250	10.153	10.194	10.235	10.276	10.316	10.357	10.398	10.439	10.480	10.520	10.561	250
-250	-6.441	-6.438	-6.435	-6.432	-6.429	-6.425	-6.421	-6.417	-6.413	-6.408	-6.404	-250	260	10.561	10.602	10.643	10.684	10.725	10.766	10.807	10.848	10.889	10.930	10.971	260
-240	-6.404	-6.399	-6.393	-6.388	-6.382	-6.377	-6.370	-6.364	-6.358	-6.351	-6.344	-240	270	10.971	11.012	11.053	11.094	11.135	11.176	11.217	11.259	11.300	11.341	11.382	270
-230	-6.344	-6.337	-6.329	-6.322	-6.314	-6.306	-6.297	-6.289	-6.280	-6.271	-6.262	-230	280	11.382	11.423	11.465	11.506	11.547	11.588	11.630	11.671	11.712	11.753	11.795	280
-220	-6.262	-6.252	-6.243	-6.233	-6.223	-6.213	-6.202	-6.192	-6.181	-6.170	-6.158	-220	290	11.795	11.836	11.877	11.919	11.960	12.001	12.043	12.084	12.126	12.167	12.209	290
-210	-6.158	-6.147	-6.135	-6.123	-6.111	-6.099	-6.087	-6.074	-6.061	-6.048	-6.035	-210	300	12.209	12.250	12.291	12.333	12.374	12.416	12.457	12.499	12.540	12.582	12.624	300
-200	-6.035	-6.021	-6.007	-5.994	-5.980	-5.965	-5.951	-5.936	-5.922	-5.907	-5.891	-200	310	12.624	12.665	12.707	12.748	12.790	12.831	12.873	12.915	12.956	12.998	13.040	310
-190	-5.891	-5.876	-5.861	-5.845	-5.829	-5.813	-5.797	-5.780	-5.763	-5.747	-5.730	-190	320	13.040	13.081	13.123	13.165	13.206	13.248	13.290	13.331	13.373	13.415	13.457	320
-180	-5.730	-5.713	-5.695	-5.678	-5.660	-5.642	-5.624	-5.606	-5.588	-5.569	-5.550	-180	330	13.457	13.498	13.540	13.582	13.624	13.665	13.707	13.749	13.791	13.833	13.874	330
-170	-5.550	-5.531	-5.512	-5.493	-5.474	-5.454	-5.435	-5.415	-5.395	-5.374	-5.354	-170	340	13.874	13.916	13.958	14.000	14.042	14.084	14.126	14.167	14.209	14.251	14.293	340
-160	-5.354	-5.333	-5.313	-5.292	-5.271	-5.250	-5.228	-5.207	-5.185	-5.163	-5.141	-160	350	14.293	14.335	14.377	14.419	14.461	14.503	14.545	14.587	14.629	14.671	14.713	350
-150	-5.141	-5.119	-5.097	-5.074	-5.052	-5.029	-5.006	-4.983	-4.960	-4.936	-4.913	-150	360	14.713	14.755	14.797	14.839	14.881	14.923	14.965	15.007	15.049	15.091	15.133	360
-140	-4.913	-4.889	-4.865	-4.841	-4.817	-4.793	-4.768	-4.744	-4.719	-4.694	-4.669	-140	370	15.133	15.175	15.217	15.259	15.301	15.343	15.385	15.427	15.469	15.511	15.554	370
-130	-4.669	-4.644	-4.618	-4.593	-4.567	-4.542	-4.516	-4.490	-4.463	-4.437	-4.411	-130	380	15.554	15.596	15.638	15.680	15.722	15.764	15.806	15.848	15.891	15.933	15.975	380
-120	-4.411	-4.384	-4.357	-4.330	-4.303	-4.276	-4.249	-4.221	-4.194	-4.166	-4.138	-120	390	15.975	16.017	16.059	16.102	16.144	16.186	16.228	16.270	16.313	16.355	16.397	390
-110	-4.138	-4.110	-4.082	-4.054	-4.025	-3.997	-3.968	-3.939	-3.911	-3.882	-3.852	-110	400	16.397	16.439	16.482	16.524	16.566	16.608	16.651	16.693	16.735	16.778	16.820	400
-100	-3.852	-3.823	-3.794	-3.764	-3.734	-3.705	-3.675	-3.645	-3.614	-3.584	-3.554	-100	410	16.820	16.862	16.904	16.947	16.989	17.031	17.074	17.116	17.158	17.201	17.243	410
-90	-3.554	-3.523	-3.492	-3.462	-3.431	-3.400	-3.368	-3.337	-3.306	-3.274	-3.243	-90	420	17.243	17.285	17.327	17.370	17.413	17.455	17.497	17.540	17.582	17.624	17.667	420
-80	-3.243	-3.211	-3.179	-3.147	-3.115	-3.083	-3.050	-3.018	-2.986	-2.953	-2.920	-80	430	17.667	17.709	17.752	17.794	17.837	17.879	17.921	17.964	18.006	18.049	18.091	430
-70	-2.920	-2.887	-2.854	-2.821	-2.788	-2.755	-2.721	-2.688	-2.654	-2.620	-2.587	-70	440	18.091	18.134	18.176	18.218	18.261	18.303	18.346	18.388	18.431	18.473	18.516	440
-60	-2.587	-2.553	-2.519	-2.485	-2.450	-2.416	-2.382	-2.347	-2.312	-2.278	-2.243	-60	450	18.516	18.558	18.601	18.643	18.686	18.728	18.771	18.813	18.856	18.898	18.941	450
-50	-2.243	-2.208	-2.173	-2.138	-2.103	-2.067	-2.032	-1.996	-1.961	-1.925	-1.889	-50	460	18.941	18.983	19.026	19.068	19.111	19.154	19.196	19.239	19.281	19.324	19.366	460
-40	-1.889	-1.854	-1.818	-1.782	-1.745	-1.709	-1.673	-1.637	-1.600	-1.564	-1.527	-40	470	19.366	19.409	19.451	19.494	19.537	19.579	19.622	19.664	19.707	19.750	19.792	470
-30	-1.527	-1.490	-1.453	-1.417	-1.380	-1.343	-1.305	-1.268	-1.231	-1.194	-1.156	-30	480	19.792	19.835	19.877	19.920	19.962	20.005	20.048	20.090	20.133	20.175	20.218	480
-20	-1.156	-1.119	-1.081	-1.043	-1.006	-0.968	-0.930	-0.892	-0.854	-0.816	-0.778	-20	490	20.218	20.261	20.303	20.346	20.389	20.431	20.474	20.516	20.559	20.602	20.644	490
-10	-0.778	-0.739	-0.701	-0.663	-0.624	-0.586	-0.547	-0.508	-0.470	-0.431	-0.392	-10	500	20.644	20.687	20.730	20.772	20.815	20.857	20.900	20.943	20.985	21.028	21.071	500
0	-0.392	-0.353	-0.314	-0.275	-0.236	-0.197	-0.157	-0.118	-0.079	-0.039	0.000	0	510	21.071	21.113	21.156	21.199	21.241	21.284	21.326	21.369	21.412	21.454	21.497	510
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397	0	520	21.497	21.540	21.582	21.625	21.668	21.710	21.753	21.796	21.838	21.881	21.924	520
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798	10	530	21.924	21.966	22.009	22.052	22.094	22.137	22.179	22.222	22.265	22.307	22.350	530
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203	20	540	22.350	22.393	22.435	22.478	22.521	22.563	22.606	22.649	22.691	22.734	22.776	540
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612	30	550	22.776	22.819	22.862	22.904	22.947	22.990	23.032	23.075	23.117	23.160	23.203	550
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023	40	560	23.203	23.245	23.288	23.331	23.373	23.416	23.458	23.501	23.544	23.586	23.629	560
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436	50	570	23.629	23.671	23.714	23.757	23.799	23.842	23.884	23.927	23.970	24.012	24.055	570
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851	60	580	24.055	24.097	24.140	24.182	24.225	24.267	24.310	24.353	24.395	24.438	24.480	580
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267	70	590	24.480	24.523	24.565	24.608	24.650	24.693	24.735	24.778	24.820	24.863	24.905	590
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682	80	600	24.905	24.948	24.990	25.033	25.075	25.118	25.160	25.203	25.245	25.288	25.330	600
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096	90	610	25.330	25.373	25.415	25.458	25.500	25.543	25.585	25.627	25.670	25.712	25.755	610
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509	100	620	25.755	25.797	25.840	25.882	25.924	25.967	26.009	26.052	26.094	26.136	26.179	620
110	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879	4.920														

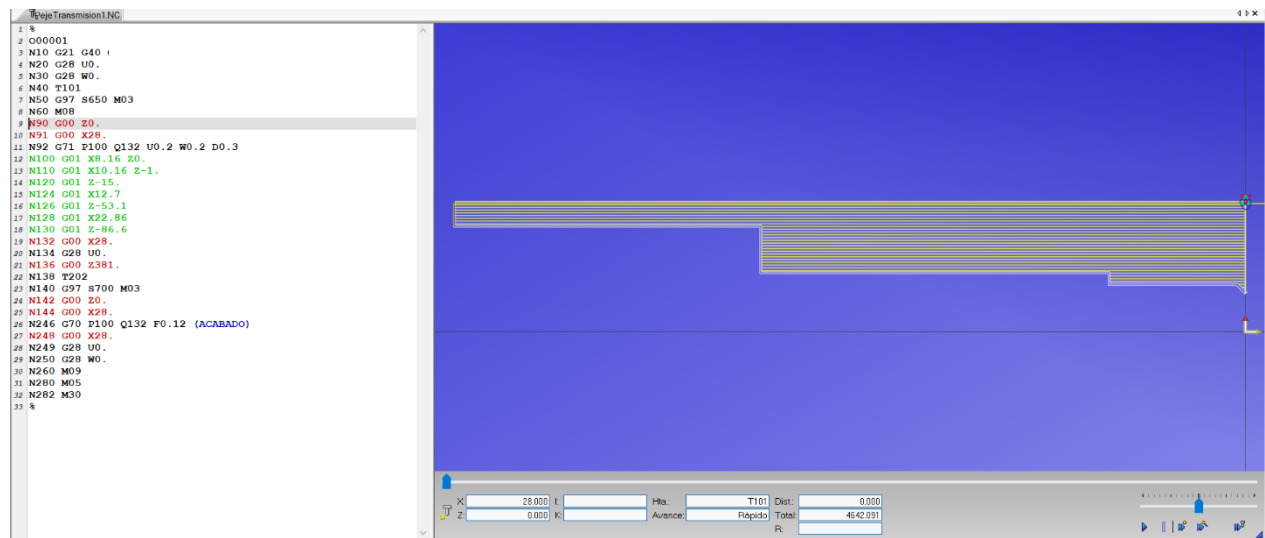
Anexo 21. Modulo MAX6675.



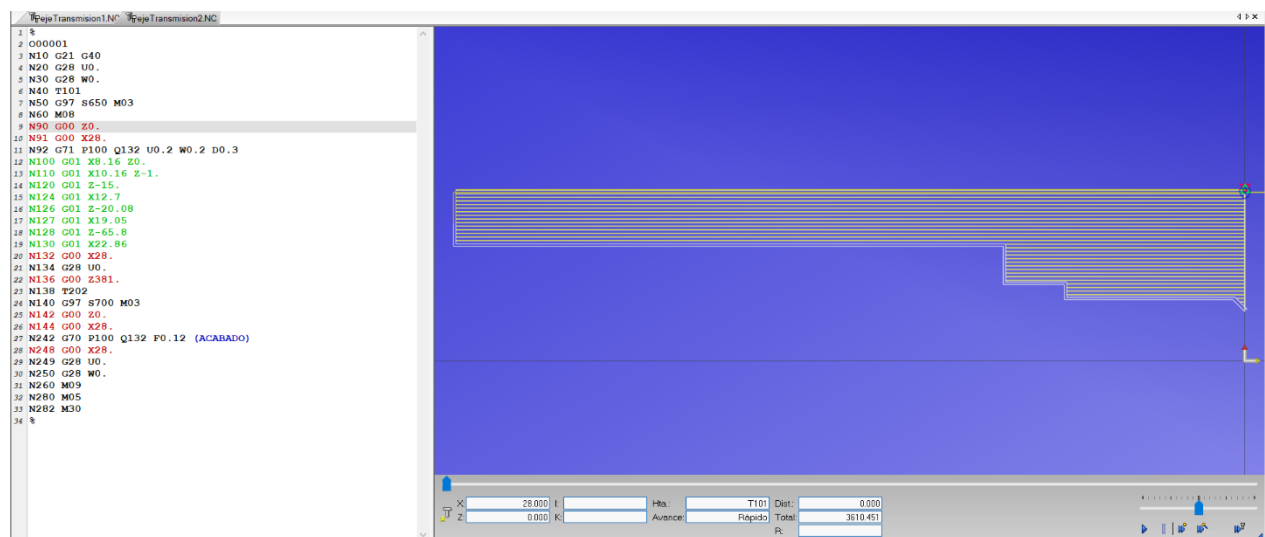
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Temperature Error		$T_{\text{THERMOCOUPLE}} = +700^{\circ}\text{C}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ (Note 2)	$V_{\text{CC}} = +3.3\text{V}$	-5		+5	LSB
			$V_{\text{CC}} = +5\text{V}$	-6		+6	
		$T_{\text{THERMOCOUPLE}} = 0^{\circ}\text{C}$ to $+700^{\circ}\text{C}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ (Note 2)	$V_{\text{CC}} = +3.3\text{V}$	-8		+8	
			$V_{\text{CC}} = +5\text{V}$	-9		+9	
		$T_{\text{THERMOCOUPLE}} = +700^{\circ}\text{C}$ to $+1000^{\circ}\text{C}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ (Note 2)	$V_{\text{CC}} = +3.3\text{V}$	-17		+17	
			$V_{\text{CC}} = +5\text{V}$	-19		+19	
Thermocouple Conversion Constant				10.25		$\mu\text{V}/\text{LSB}$	
Cold-Junction Compensation Error		$T_A = -20^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$ (Note 2)	$V_{\text{CC}} = +3.3\text{V}$	-3.0		+3.0	$^{\circ}\text{C}$
			$V_{\text{CC}} = +5\text{V}$	-3.0		+3.0	
Resolution				0.25		$^{\circ}\text{C}$	
Thermocouple Input Impedance				60		$\text{k}\Omega$	
Supply Voltage	V_{CC}		3.0		5.5	V	
Supply Current	I_{CC}			0.7	1.5	mA	
Power-On Reset Threshold		V_{CC} rising	1	2	2.5	V	
Power-On Reset Hysteresis				50		mV	
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22	s	
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V_{IL}				$0.3 \times V_{\text{CC}}$	V	
Input High Voltage	V_{IH}		$0.7 \times V_{\text{CC}}$			V	
Input Leakage Current	I_{LEAK}	$V_{\text{IN}} = \text{GND}$ or V_{CC}			± 5	μA	
Input Capacitance	C_{IN}			5		pF	
Output High Voltage	V_{OH}	$I_{\text{SOURCE}} = 1.6\text{mA}$	$V_{\text{CC}} - 0.4$			V	
Output Low Voltage	V_{OL}	$I_{\text{SINK}} = 1.6\text{mA}$			0.4	V	
TIMING							
Serial Clock Frequency	f_{SCL}				4.3	MHz	
SCK Pulse High Width	t_{CH}		100			ns	
SCK Pulse Low Width	t_{CL}		100			ns	
CSB Fall to SCK Rise	t_{CSS}	$C_L = 10\text{pF}$	100			ns	
CSB Fall to Output Enable	t_{DV}	$C_L = 10\text{pF}$			100	ns	
CSB Rise to Output Disable	t_{TR}	$C_L = 10\text{pF}$			100	ns	
SCK Fall to Output Data Valid	t_{DO}	$C_L = 10\text{pF}$			100	ns	

Anexo 22. Código G, eje de la transmisión.

Parte 1 del eje de la transmisión

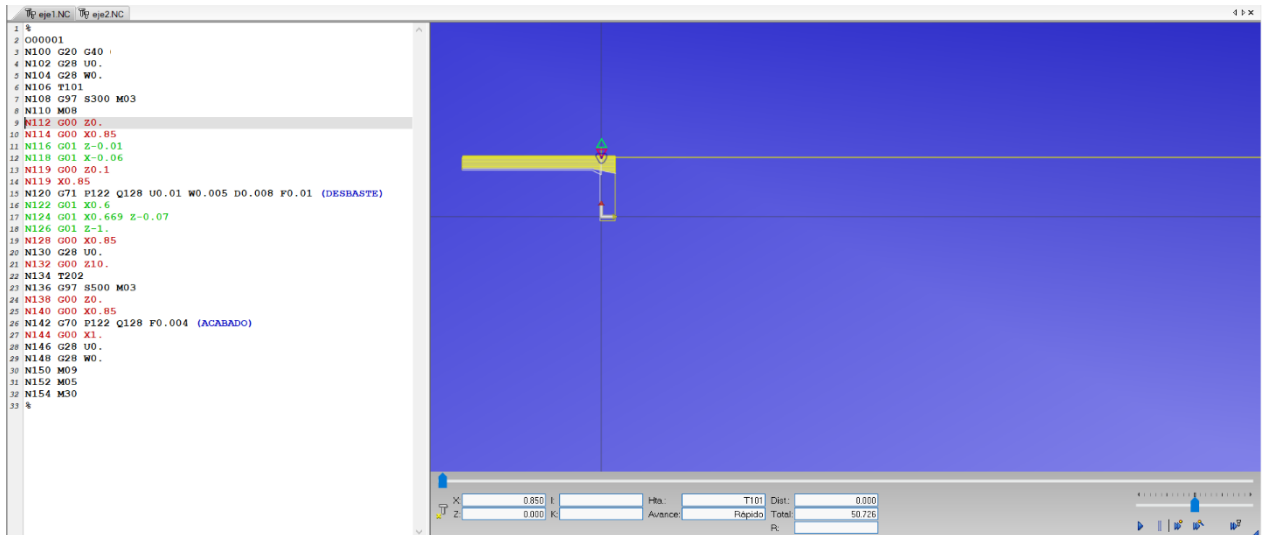


Parte 2 del eje de la transmisión

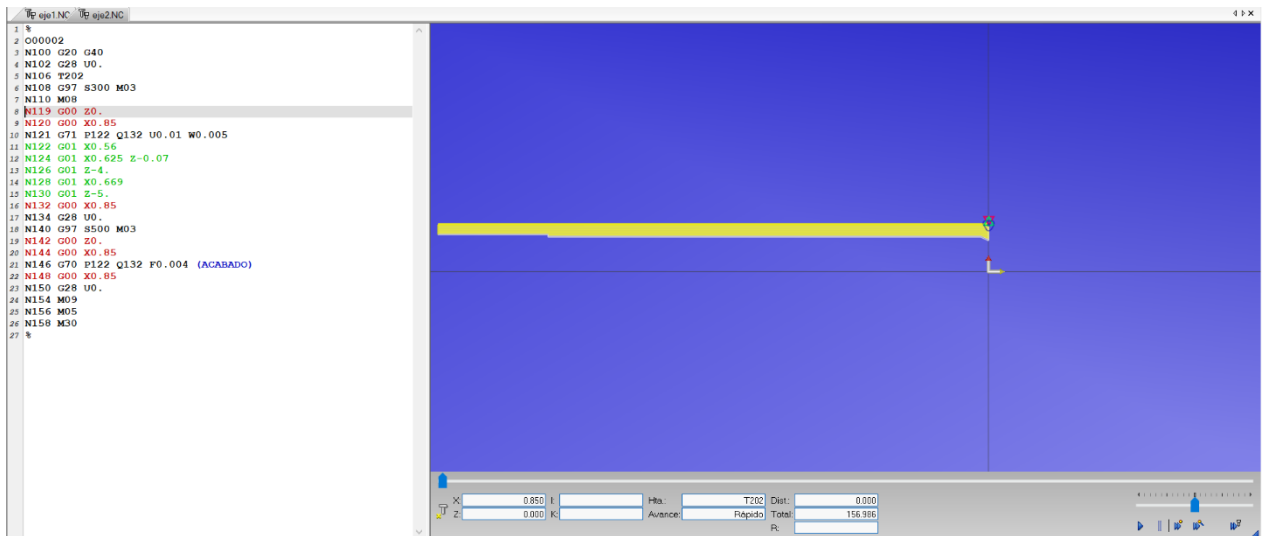


Anexo 23. Código G, eje central de la cámara de tostado.

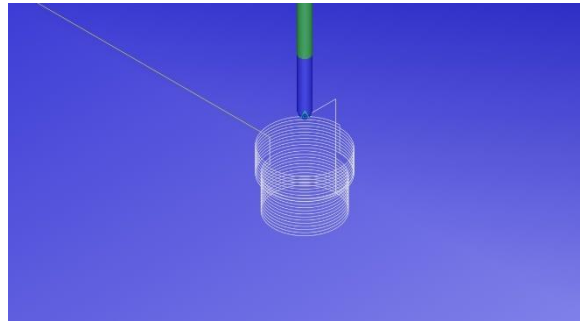
Parte 1 del eje central de la cámara de tostado



Parte 2 del eje central de la cámara de tostado



Anexo 24. Código G, chumacera para eje de transmisión



%	N180 G01 Z-9.;
O08888	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N100 G17 G21 G40;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N102 G91 G28 Z0.;	N186 G01 Z-10.;
N104 T03;(CORTADOR 3/4 in)	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N106 G00 G90 G54 X0.;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N108 G43 H03 Z10.;	N192 G01 Z-11.;
N112 G42 D03;	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N114 M08;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N116 M03 S1800;	N198 G01 Z-12.;
N120 G01 Z1.;	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N122 G02 X88. Y12.05 R12.95;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N124 G02 X88. Y37.95 R12.95;	N204 G01 Z-13.;
N126 G01 Z0.;	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N122 G02 X88. Y12.05 R12.95;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N124 G02 X88. Y37.95 R12.95;	N216 G01 Z-14.;
N132 G01 Z-1.;	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N122 G02 X88. Y12.05 R12.95;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N124 G02 X88. Y37.95 R12.95;	N222 G01 Z-15.;
N138 G01 Z-2.;	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N122 G02 X88. Y12.05 R12.95;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N124 G02 X88. Y37.95 R12.95;	N228 G01 Z-16.;
N144 G01 Z-3.;	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N122 G02 X88. Y12.05 R12.95;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N124 G02 X88. Y37.95 R12.95;	N234 G01 Z-17.;
N150 G01 Z-4.;	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N122 G02 X88. Y12.05 R12.95;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N124 G02 X88. Y37.95 R12.95;	N240 G01 Z-18.;
N156 G01 Z-5.;	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N122 G02 X88. Y12.05 R12.95;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N124 G02 X88. Y37.95 R12.95;	N246 G01 Z-19.;
N162 G01 Z-6.;	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N122 G02 X88. Y12.05 R12.95;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N124 G02 X88. Y37.95 R12.95;	N252 G01 Z-20.;
N168 G01 Z-7.;	N126 G02 X88. Y13.5 R11.5;
N122 G02 X88. Y12.05 R12.95;	N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;
N124 G02 X88. Y37.95 R12.95;	N300 G01 Z10.;
N174 G01 Z-8.;	N302 G40;
N122 G02 X88. Y12.05 R12.95;	N308 M05;
N124 G02 X88. Y37.95 R12.95;	N310 M30;
N126 G02 X88. Y13.5 R12.225;	%
N128 G02 X88. Y36.5 R11.5;	