

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TOSTADORA DE MAÍZ

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

JOSE MIGUEL CUJILEMA CUJILEMA

jomi.cu@hotmail.com

CRISTIAN EDISON SOTOMAYOR MOLINA

cristian.sotomayor@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. JAIME VARGAS TIPANTA.

jaime.vargas@epn.edu.ec

Quito, Febrero 2010

DECLARACIÓN

Nosotros, CUJILEMA CUJILEMA JOSE MIGUEL Y SOTOMAYOR MOLINA CRISTIAN EDISON declaramos bajo juramento y siendo consecuentes con los ideales implantados en nuestros hogares, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional.

CUJILEMA CUJILEMA
JOSE MIGUEL

SOTOMAYOR MOLINA
CRISTIAN EDISON

CERTIFICACIÓN

Certificamos que bajo nuestra supervisión el presente proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico fue desarrollado por los señores CUJILEMA CUJILEMA JOSE MIGUEL y SOTOMAYOR MOLINA CRISTIAN EDISON

Ingeniero Jaime Vargas T.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ingeniero Orwield Guerrero
Colaborador

Ingeniero Washington Altuna
Colaborador

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico con mucho cariño a mis padres Luis Sotomayor y Marianita Molina, quienes con su afán y sacrificio me apoyaron cada día para llegar a la culminación de esta etapa estudiantil y son un ejemplo para mi vida.

A mi hermana y hermanos por haber permanecido en los buenos y malos momentos, brindándome siempre su comprensión, sinceridad y apoyo incondicional

Cristian Edison

Este proyecto está dedicado a todas las personas que hicieron posible su culminación y especialmente a mis padres Manuel Cujilema y Juana Cujilema, quienes estuvieron presentes a lo largo de toda mi vida en los buenos momentos y en especial durante los malos momentos, que con su apoyo, comprensión, sacrificio y ejemplo de vida me ayudaron a superarlos.

A mis hermanos Freddy Santiago y Anita Belén que son apoyo fundamental en mi vida y a toda mi familia que siempre me brindó su apoyo desinteresado.

José Miguel Cujilema C.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado la vida y otorgado unos excelentes padres. A mi padre por haberme dado la oportunidad de ser mejor cada día y ser un ejemplo a lo largo de toda su vida, y a mi madre por su comprensión y paciencia. A mis hermanos Luis, Ronald, Dénesis y Bruce por su apoyo, quienes ven en mí un guía y un ejemplo a seguir. A mi compañero y amigo José Miguel por la confianza en mí para realizar este proyecto.

Al Ingeniero Jaime Vargas por su apoyo para realizar el presente proyecto, por sus consejos que a más de profesor fueron la de un amigo. A nuestros queridos colaboradores ya que sin ellos este trabajo no hubiera llegado a su fin. A nuestra querida Facultad porque llevaré los más gratos recuerdos de la mejor facultad del mundo “INGENIERÍA MECÁNICA” y a todos los compañeros de la Facultad en especial a los de “3ra es Todo”

Cristian Edison

Principalmente a Dios el ser a quien le debo todo lo que soy, que en su infinita compasión y sabiduría supo brindarme su perdón y ayuda por haberme acogido con su dulce luz e insaciable amor en los momentos difíciles. A mi padre que con su ejemplo de vida supo enseñarme que con perseverancia y trabajo todo es posible, a mi madre que siempre cree en mí, y por haberme guiado en la vida bajo los principios de respeto, sencillez, honestidad y sacrificio. A mi amigo Cristian que depositó en mí su confianza para llevar a cabo este proyecto.

De manera muy especial al Ingeniero Jaime Vargas por haberme brindado su amistad durante la carrera y su incondicional apoyo durante la realización de este proyecto. A los queridos colaboradores que con su ayuda hicieron posible la culminación del presente proyecto. A toda nuestra Facultad ya que se formaron amistades sinceras, en especial a los compañeros de “3ra es Todo”

José Miguel Cujilema C.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
PRESENTACIÓN	xvi
CAPITULO 1	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 EL MAÍZ	1
1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA	1
1.1.2 GENERALIDADES	2
1.1.2.1 Regionalización de la producción.....	3
1.1.3 TIPOS DE MAÍZ	6
1.1.4 ESTRUCTURA DEL MAÍZ	8
1.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CONTENIDO PROTEÍNICO	10
1.2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS PARTES DEL GRANO	10
1.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA GENERAL	11
1.2.2.1 Almidón.....	11
1.2.2.2 Proteínas	11
1.3 PROCESO AGROINDUSTRIAL	11
1.3.1 COSECHA Y POSTCOSECHA	12
1.3.1.1 Prevención de enfermedades	12
1.3.2 ALMACENAMIENTO	13
1.3.3 CALIDAD DE MAÍZ	14
1.3.4 PRELIMPIEZA	14
1.3.5 EL PROBLEMA DE LA HUMEDAD	15
1.3.5.1 Humedad en base húmeda y en base seca	15
1.3.6 TOSTADO DEL MAÍZ	16

1.3.6.1	Cambios físicos:.....	16
1.3.6.2	Cambios químicos:.....	17
1.3.6.3	Importancia del tueste del maíz.....	17
1.3.6.4	Diferencia entre el tostado y secado de maíz.....	17
1.3.6.5	Mermas por el tostado de maíz.....	18
1.3.6.6	Merma de volumen.....	19
1.3.6.7	Pérdidas por el tostado del maíz.....	19
1.3.6.8	Daños por el tostado.....	19
1.3.6.8.1	Daños visuales.....	20
1.3.6.8.2	Daños económicos.....	20
1.3.6.8.3	Daños industriales.....	20
1.3.6.8.4	Efecto del tostado en los alimentos balanceados.....	21
CAPÍTULO 2	22
PREFACTIBILIDAD	22
2.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	22
2.2	ESTUDIO DE MERCADO.....	23
2.2.1	DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y USOS.....	23
2.2.2	OFERTA.....	23
2.2.2.1	Producción nacional.....	23
2.2.2.2	Importaciones.....	23
2.2.3	DEMANDA ACTUAL.....	24
2.2.3.1	Consumo aparente.....	24
2.2.3.2	Conclusiones de las encuestas.....	24
2.3	RESTRICCIONES Y LIMITACIONES.....	25
2.4	ESPECIFICACIONES.....	25
2.4.1	PARÁMETROS FUNCIONALES.....	25
2.4.2	AMBIENTE DE TRABAJO.....	26
2.4.3	VIDA ÚTIL.....	26
2.4.4	COSTOS DEL PRODUCTO.....	27
2.4.4.1	Costo de diseño y desarrollo.....	27
2.4.5	APARIENCIA.....	27
2.4.6	MATERIALES.....	27
CAPITULO 3	28
FACTIBILIDAD	28
3.1	DISEÑO DE ALTERNATIVAS.....	28

3.1.1	ALTERNATIVA 1: TOSTADORA DE TAMBOR	28
3.1.1.1	Descripción	28
3.1.1.2	Ventajas.....	29
3.1.1.3	Desventajas	30
3.1.2	ALTERNATIVA 2: TOSTADORA DE TAMBOR CON FLUJO DE AIRE	30
3.1.2.1	Descripción	30
3.1.2.2	Ventajas.....	31
3.1.2.3	Desventajas	31
3.2	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.....	31
3.2.1	FACTORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA	32
3.2.1.1	Costo	33
3.2.1.2	Facilidad de construcción y montaje.....	33
3.2.1.3	Facilidad de mantenimiento	33
3.2.1.4	Facilidad de operación	33
3.2.1.5	Versatilidad	33
3.2.1.6	Seguridad	33
3.2.2	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	34
3.2.3	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	37
3.2.3.1	Pruebas sobre la tostadora	37
3.2.3.1.1	Control de las dimensiones físicas.....	37
3.2.3.1.2	Control de la velocidad angular.....	38
3.2.3.1.3	Control de la Temperatura	38
3.2.3.1.4	Control del tiempo de tostado.	39
3.3	DISEÑO DE LA MÁQUINA TOSTADORA DE MAÍZ.....	39
3.3.1	DETALLE DEL PROCESO DE TUESTE	39
3.3.2	SISTEMAS CONSTITUTIVOS DE LA TOSTADORA DE MAÍZ	40
3.3.2.1	Sistema de tostado del maíz.	40
3.3.2.1.1	Cilindro tostador	41
3.3.2.1.2	Selección del espesor del cilindro.....	42
3.3.2.1.3	Cámara de combustión.....	43
3.3.2.1.4	Cálculo de Temperaturas.....	45
3.3.2.1.5	Cálculo del aislante térmico	56
3.3.2.2	Sistema motriz de la cámara de tostado	58
3.3.2.2.1	Dimensionamiento del motor	58
3.3.2.2.2	Dimensionamiento del sistema reductor de velocidad	60

3.3.2.2.3	Diseño del eje de transmisión del cilindro de tueste.....	61
3.3.2.2.4	Dimensionamiento de la lengüeta cuadrada	71
3.3.2.2.5	Selección de rodamientos.....	73
3.3.2.3	Estructura soporte de la Tostadora	75
3.3.2.3.1	Dimensionamiento de pernos	75
3.3.2.3.2	Estructura metálica.....	78
3.4	CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO.....	79
3.4.1	GENERALIDADES	79
3.4.2	CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.....	79
3.4.2.1	Máquinas y herramientas	80
3.4.2.2	Elementos a construir.	82
3.4.2.3	Etapas de construcción del prototipo.....	82
3.4.3	DIAGRAMAS DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN	83
3.4.3.1	Sistema cámara de tueste.....	84
3.4.3.2	Sistema motriz	85
3.4.3.3	Sistema de distribución de GLP	86
3.4.3.4	Sistema estructural	87
3.4.4	MONTAJE	91
3.4.4.1	Diagrama de flujo del montaje.....	92
3.4.5	PRUEBAS DE CAMPO	96
3.4.5.1	Análisis de resultados	99
CAPITULO 4.....	100	
ANÁLISIS DE COSTOS	100	
4.1	ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS	100
4.1.1	COSTO DE MATERIALES DIRECTOS	100
4.1.2	COSTO DE ELEMENTOS TERMINADOS	101
4.1.3	COSTOS DE MAQUINADO.....	103
4.1.4	COSTOS DE MONTAJE.....	103
4.1.5	COSTO DIRECTO TOTAL	104
4.2	ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.....	104
4.2.1	COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS	104
4.2.2	COSTOS DE DISEÑO.....	105
4.2.3	GASTOS INDIRECTOS.....	105
4.2.4	COSTO TOTAL INDIRECTO	106
4.3	COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.....	106

CAPITULO 5	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
5.1 CONCLUSIONES.....	107
5.2 RECOMENDACIONES.....	109
BIBLIOGRAFÍA	110
CONSULTAS WEB	111
ANEXOS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Distribución provincial del cultivo del maíz (%)	3
Tabla 1.2	Distribución ponderal de las principales partes del grano	10
Tabla 1.3	Composición química de las partes del maíz (%)	10
Tabla 1.4	Diferencia entre el tostado y secado de maíz	18
Tabla 1.5	Descuentos de cantidad a efectuar por merma de humedad.....	18
Tabla 3.1	Alternativas del tostador.....	32
Tabla 3.2	Criterios de evaluación	32
Tabla 3.3	Evaluación del peso específico de cada criterio	34
Tabla 3.4	Evaluación del peso específico del criterio “mantenimiento”.....	35
Tabla 3.5	Evaluación del peso específico del criterio “facilidad de operación” ..	35
Tabla 3.6	Evaluación del peso específico del criterio “facilidad de construcción”	35
Tabla 3.7	Evaluación del peso específico del criterio “versatilidad”	35
Tabla 3.8	Evaluación del peso específico del criterio “costo”.....	36
Tabla 3.9	Evaluación del peso específico del criterio “seguridad”	36
Tabla 3.10	Evaluación de las alternativas	36
Tabla 3.11	Control de las dimensiones físicas.....	38
Tabla 3.12	Control de la velocidad angular.....	38
Tabla 3.13	Control de la temperatura de tueste.....	39
Tabla 3.14	Control del tiempo de tueste	39
Tabla 3.15	Resistencias totales	57
Tabla 3.16	Diámetros de las poleas.....	61
Tabla 3.17	Tipos y designaciones de máquinas herramientas y equipos	80
Tabla 3.18	Tipos de operaciones a utilizarse.....	81
Tabla 3.19	Listado de materia prima a utilizarse.....	81
Tabla 3.20	Listado de elementos a construir	82
Tabla 3.21	Simbología utilizada en el diagrama de flujo.....	83
Tabla 3.22	Actividades de montaje	91
Tabla 3.23	Resultados de las pruebas realizadas en la tostadora de maíz	96
Tabla 4.1	Costo de materiales directos.....	101
Tabla 4.2	Costo de elementos terminados.....	102

Tabla 4.3	Costo de maquinado.....	103
Tabla 4.4	Costo de montaje.....	104
Tabla 4.5	Costo directo total.....	104
Tabla 4.6	Costo de materiales indirectos.....	105
Tabla 4.7	Costo total indirecto.....	106
Tabla 4.8	Costo final de la máquina.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Mazorcas de maíz	2
Figura 1.2	Mapa de zonificación del cultivo	5
Figura 1.3	Maíz dentado.....	6
Figura 1.4	Maíz duro	7
Figura 1.5	Maíz blando.....	7
Figura 1.6	Maíz reventón.....	8
Figura 1.7	Corte longitudinal y transversal del grano de maíz.	9
Figura 3.1	Tostadora de tambor	29
Figura 3.2	Tostadora de tambor con flujo de aire	30
Figura 3.3	Esquema del sistema de tostado.....	40
Figura 3.4	Flujos de calor en la cámara de combustión	46
Figura 3.5	Capas externas de la cámara de tostado	46
Figura 3.6	Circuito térmico del calor que sale de la cámara de tostado	47
Figura 3.7	Base de la cámara de tostado.....	50
Figura 3.8	Circuito térmico del calor que ingresa a la cámara de tostado	51
Figura 3.9	Aislante térmico.....	56
Figura 3.10	Detalle de las capas externas de la tostadora.....	56
Figura 3.11	Diagrama de las aspas de la cámara de tueste.	59
Figura 3.12	Polea del eje de transmisión.	61
Figura 3.13	Eje de transmisión.	62
Figura 3.14	Diagrama cuerpo libre del eje de transmisión.	62
Figura 3.15	Diagrama de fuerza cortante en el eje.....	64
Figura 3.16	Diagrama momento flector en el eje.....	65
Figura 3.17	Diagrama esfuerzo torsión vs. tiempo	67
Figura 3.18	Dimensiones de las aspas de enfriamiento	70
Figura 3.19	Diagrama de cuerpo libre de la lengüeta cuadrada.....	71
Figura 3.20	Junta del cilindro de tueste con perfil	75
Figura 3.21	Diagrama de cuerpo libre del perfil de la estructura	76
Figura 3.22	Diagrama de flujo del sistema cámara de tueste	84
Figura 3.23	Diagrama de flujo del sistema motriz.....	85
Figura 3.24	Diagrama de flujo del sistema de distribución de GLP	86

Figura 3.25	Diagrama de flujo del sistema estructural.....	87
Figura 3.26	Corte de las placas metálicas.....	88
Figura 3.27	Corte de los perfiles del soporte de la tostadora	88
Figura 3.28	Corte del eje motriz de la cámara de tostado	89
Figura 3.29	Torneado del eje.....	89
Figura 3.30	Soldadura de la tolva.....	90
Figura 3.31	Diagrama de flujo de montaje.....	92
Figura 3.32	Montaje del perfil soporte	93
Figura 3.33	Montaje de la tolva	93
Figura 3.34	Montaje de poleas	94
Figura 3.35	Montaje de la tapa de la polea	94
Figura 3.36	Tostadora de maíz.....	95
Figura 3.37	Verificación de dimensiones.....	97
Figura 3.38	Medición de la temperatura	97
Figura 3.39	Visita de inspección en campo del Director del proyecto, Recinto Jujan, Provincia de Los Ríos	98

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I	ELEMENTOS PARA EL ESTUDIO DE MERCADO	113
ANEXO II	TABLA DE MERMAS DEL MAÍZ.....	126
ANEXO III	QUEMADORES	128
ANEXO IV	MOTOR	130
ANEXO V	REDUCTOR	134
ANEXO VI	RODAMIENTOS Y CHUMACERAS.....	136
ANEXO VII	MATERIALES USADOS.....	138
ANEXO VIII	HOJAS DE PROCESOS	145
ANEXO IX	PLANOS DE TALLER Y DE MONTAJE	152

RESUMEN

Este proyecto se inicia con el estudio previo del origen del maíz, las variedades existentes en el mercado nacional, proceso de cultivo y cosecha del maíz, también se especifica sus derivados más comunes.

Su construcción se justifica mediante los resultados emitidos por el estudio de mercado previamente elaborado y cumple satisfactoriamente con sus objetivos a bajo costo.

Utilizando el estudio comparativo y de ponderación de criterios, se procede a seleccionar de una serie de alternativas, la que mejor cumpla con los requerimientos planteados.

A continuación se dimensionan todo los sistemas que constituyen la tostadora de maíz, tomando en cuenta criterios de resistencia de fatiga, transferencia de calor para el diseño de elementos que constituyen la máquina. Posteriormente se realiza el proceso de fabricación.

Se elaboran los planos de taller y de montaje de la tostadora de maíz, con lo cual se ilustra la forma de construir los elementos antes dimensionados, estableciendo los tipos de máquina-herramienta, procesos de corte y soldadura a ser utilizados para la transformación de la materia prima.

Al final se realizan las pruebas de campo al prototipo construido, lo que permite verificar el correcto funcionamiento de la máquina de acuerdo con los parámetros establecidos.

PRESENTACIÓN

En Ecuador la mayoría de su territorio es utilizado para la agricultura y es uno de los sectores que genera más fuentes de empleo directo o indirecto y a su vez es una de las áreas productivas más descuidadas.

Por lo tanto tomando en cuenta la situación del país donde se genera muy poca tecnología y más bien se la importa principalmente de Norte América y Europa, nace la necesidad de aportar con los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, con el diseño y construcción de una tostadora de maíz eficiente y eficaz, la cual va dirigida a la pequeña y mediana industria, ayudando así al desarrollo tecnológico del país.

Dado que el diseño de la máquina abarca diferentes áreas de la Ingeniería Mecánica como son el diseño y producción, y la conversión y uso de energía, se requiere la cooperación de profesores de dichas áreas

CAPITULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 EL MAÍZ

1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA

El 15 de noviembre de 1492 dos mensajeros de Colón, al regresar de una exploración a Cuba, declararon haber visto "una clase de grano, que llaman maíz, de buen sabor cocinado, seco y en harina". El maíz se fue encontrando luego sucesivamente en toda América, desde Chile hasta Canadá.

Actualmente no hay ningún país en América Latina que no siembre maíz. En las tierras bajas del trópico se pueden producir varias cosechas al año; en otras regiones se da una, por lo general.

El maíz constituye, con los frijoles, el alimento fundamental en el país de México y la América Central. En los Estados Unidos el maíz se produce a gran escala.

Las plantaciones de maíz cubren más de la décima parte de las tierras laborales de los Estados Unidos, la cosecha anual medida es superior a 100 millones de toneladas y su valor es varias veces mayor que la producción anual de oro y plata en todo el mundo, por lo tanto, el maíz supera a todas las otras producciones agrícolas de los Estados Unidos. Otros principales países productores de maíz son: China, Rusia, Brasil, México, Francia, Rumania, Italia, Rep. Sudáfrica y Argentina.

1.1.2 GENERALIDADES

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas. La planta alcanza de medio metro a seis metros de alto. Las hojas forman una larga vaina íntimamente arrollada al tallo y un limbo más ancho, alargado y flexible. Del tallo nacen dos o tres inflorescencias muy densas o mazorcas envueltas en espatas, en la axila de las hojas muy ceñidas.

En cada mazorca se ven las filas de granos, cuyo número puede variar de ocho a treinta; a cada grano le corresponde un largo hilo sedoso que sobresale por el extremo de la mazorca. El tallo de la planta está rematado en el extremo por una gran panoja de pequeñas flores masculinas; cuando el polen ha sido aventado, se vuelven secas y parduscas (ver figura 1.1)



Figura 1.1 Mazorcas de maíz

Fuente: Propia

La producción anual de maíz duro en el Ecuador es de 595 mil TM aproximadamente, en condiciones normales. De la producción nacional de maíz, la avicultura consume el 57%, alimentos balanceados para otros animales el 6%, un 25% se exporta a Colombia, el 4% se destina a las industrias de consumo humano y el resto sirve para autoconsumo y semilla.

El Ecuador también tiene capacidad de exportar subproductos del maíz, tales como el grits y la sémola. Estos subproductos son utilizados para elaborar polenta, arepas, y productos de comida rápida¹

1.1.2.1 Regionalización de la producción

La distribución geográfica del cultivo en el ámbito provincial en el Ecuador está dada en la tabla 1.1

Tabla 1.1 Distribución provincial del cultivo del maíz (%)

PROVINCIAS	PARTICIPACIÓN NACIONAL (%)
Los Ríos	49
Guayas	24
Manabí	16
Pichincha- Imbabura	2
Bolívar-Tungurahua	1
Otros	8

Fuente: CORPEI

¹ http://www.corpei.org/FrameCenter.asp?Ln=SP&Opcion=3_3_6

Por tal razón la demanda del circuito comercial de la agroindustria ecuatoriana del maíz está dada por las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí ya que son las provincias con mayor participación de cultivo de maíz en el Ecuador

El rendimiento promedio ponderado es de 2.7 TM/ha. Los productores con más de 50 hectáreas que poseen más tecnología, tienen un rendimiento de 4.5 TM/ha. El área anual ocupada en este cultivo es de 250 mil hectáreas.

En el país se emplean directamente 140 000 personas, aproximadamente el 11% de la población económicamente activa dedicada a la agricultura. La temporada de cosecha más alta se da en el ciclo de invierno.

El 60% de los productores son considerados como pequeños agricultores puesto que desarrollan el cultivo en parcelas menores de 10 ha y que prácticamente no pueden acceder a créditos en la banca privada o estatal; su esquema de cultivo se desarrolla en condiciones tecnológicas deficientes, por lo cual están sujetos a pérdidas por ataques de plagas y enfermedades o son afectados por factores climáticos (sequía/inundación), obteniendo rendimientos más bajos, cuyo promedio es de alrededor de 1.8 TM/ha.

En el caso de los agricultores medianos (30%) que aportan el 61% de la producción, la situación es menos crítica porque utilizan en su mayoría semilla certificada de variedades e incluso de híbridos, pero tienen deficiencia en la preparación del suelo y en los niveles de fertilización que utilizan, por lo cual no alcanzan rendimientos óptimos; tienen mayores costos por hectárea que los pequeños, pero más alta rentabilidad.

Los agricultores grandes (10% del total) utilizan generalmente semilla híbrida, tienen acceso a mecanización para la preparación del suelo y si bien no aplican los niveles ideales de fertilización, obtienen los más altos rendimientos (sobre 4.5 TM/ha) y consecuentemente tienen menores costos unitarios.

En la figura 1.2 se indica el Mapa de zonificación del cultivo del maíz.

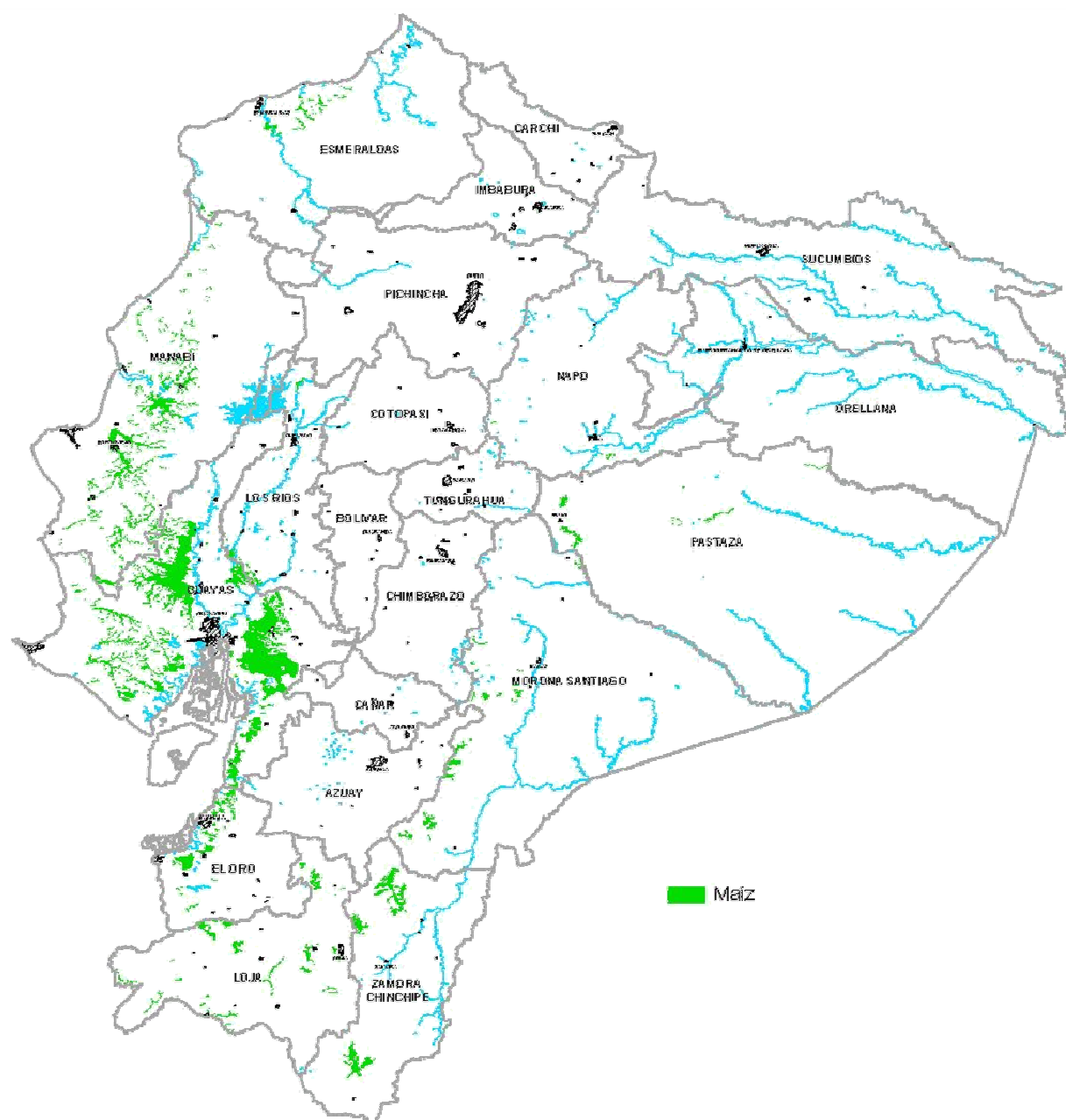


Figura 1.2: Mapa de zonificación del cultivo del maíz

Fuente: www.sica.gov.ec

1.1.3 TIPOS DE MAÍZ

Existen cinco tipos fundamentales de maíz:

- Dentado.
- Duro.
- Blando, o harinoso.
- Reventón
- Envainado.

El maíz dentado es el que se cultiva en mayor cantidad en los Estados Unidos, se denomina así porque cuando se seca la parte superior del grano esta adquiere la forma de un diente (ver figura 1.3).



Figura 1.3: Maíz dentado.

Fuente: <http://www.maderservicios.com.ar/htm/maiz.htm>

El maíz duro es muy consistente y su mazorca generalmente es larga y delgada. Algunas variedades de este tipo maduran muy pronto (ver figura 1.4). En Ecuador el cultivo del maíz duro en el Ecuador ha registrado un significativo crecimiento y es el más importante



Figura 1.4: Maíz duro

Fuente: <http://www.maderservicios.com.ar/htm/maiz.htm>

El maíz blando y harinoso se llama también maíz de las momias, porque es la variedad que generalmente se encuentra en las sepulturas de los aztecas e incas, se lo cultiva extensamente en el Sur de los Estados Unidos y en México.

Los granos son blandos aun en completa madurez. Algunos son pequeños, pero otros, como los granos de maíz de Cuzco, en el Perú, pueden alcanzar hasta dos centímetros de ancho (ver figura 1.5).



Figura 1.5: Maíz blando

Fuente: <http://classifieds.agriscape.com/ad/154955/es/>

El maíz reventón o canguil es un grano pequeño y muy duro. El nombre proviene del hecho de que estalla cuando convierte el agua del interior en vapor, es un alimento prehispánico de los indígenas.

El canguil, es el grano más común de los que se han encontrado en las antiguas tumbas Incas, en donde se han descubierto también utensilios para reventar el grano (ver figura 1.6).



Figura 1.6: Maíz reventón

Fuente: <http://pepascientificas.blogspot.com/2009/08/no-le-gustan-mucgo-las-verduras.html>

El maíz envainado es muy curioso porque cada grano está encerrado en una pequeña cascarilla propia, además de las que cubren la mazorca. Al igual que el reventón, es una de las clases más antiguas de maíz cultivado.

1.1.4 ESTRUCTURA DEL MAÍZ

El fruto de la planta del maíz se llama comercialmente grano, botánicamente es una carióspside y agrícolamente se le conoce como semilla. En la figura 1.7 se detalla la estructura del maíz, que está formado por las siguientes partes:

- El Pericarpio que es la cubierta del fruto de origen materno, se conoce como testa, hollejo o cáscara.
- La Aleurona es la Capa de células del endospermo, de naturaleza proteica.
- El Endospermo es el Tejido de reserva de la semilla, que alimenta al embrión durante la germinación, ocupa la mayor parte de volumen. Hay

dos regiones bien diferenciadas en el endospermo, el suave o harinoso y el duro o vítreo, su proporción depende de la variedad.

- El Escutelo o cotiledón: es una parte del embrión.
- Embrión o germen es la planta en miniatura con la estructura para originar una nueva planta, al germinar la semilla.
- La capa terminal es la parte que se une al olote, con una estructura esponjosa, adaptada para la rápida absorción de humedad. Entre esta capa y la base del germen se encuentra un tejido negro conocido como capa hilar, la cual funciona como un mecanismo sellante durante la maduración del grano. La formación de la capa negra indica un grano maduro.

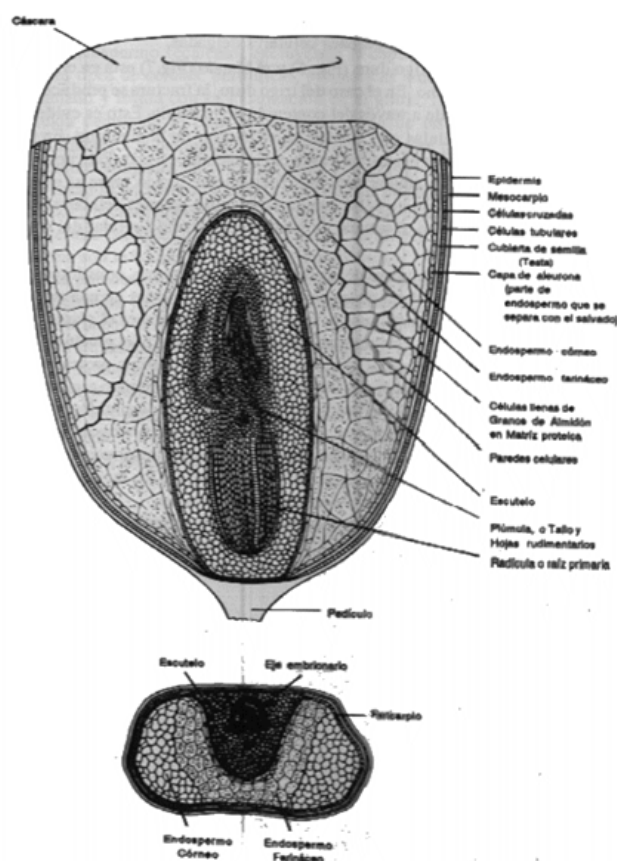


Figura 1.7: Corte longitudinal y transversal del grano de maíz.

Fuente: www.fastonline.org/.../T0395E/ES/T0395S00.GIF

La distribución ponderal de las distintas partes del grano se indica en la tabla 1.2

Tabla 1.2 Distribución ponderal de las principales partes del grano

Estructura	Porcentaje de distribución ponderal
Pericarpio	5-6
Aleurona	2-3
Endospermo	80-85
Germen	10-12

Fuente: www.fastonline.org/.../T0395E/ES/T0395S02.HTM

1.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CONTENIDO PROTEÍNICÓ.

1.2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS PARTES DEL GRANO

En la tabla 1.3, se indica la composición química de las partes del maíz.

Tabla 1.3 Composición química de las partes del maíz (%)

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3,7	8,0	18,4
Extracto etéreo	1,0	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Cenizas	0,8	0,3	10,5
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Fuente: www.fastonline.org/.../T0395E/ES/T0395S02.HTM

1.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA GENERAL.

Puede haber variedad tanto genética como ambiental y puede influir en la distribución ponderal y en la composición química específica del endospermo, el germen y la cáscara de los granos².

1.2.2.1 Almidón

Es el componente químico principal del grano de maíz, y corresponde hasta el 72 o 73% del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3% del grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilasa y amilopectina. La amilasa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 25-30% del almidón. El polímero amilopectina también consiste de unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70-75% del almidón.

1.2.2.2 Proteínas

Las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11% del peso del grano y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. Conforme a su descripción, las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 18% del total de nitrógeno, con proporciones del 7%, 5% y 6% respectivamente.

1.3 PROCESO AGROINDUSTRIAL³

En la actualidad 57 empresas fabricantes de alimentos balanceados, afiliadas a AFABA, cubren el 98% de la producción, entre ellas, PRONACA, Grupo ORO, Grupo Anhalzer, AVESCA y POFASA, producen el 80% de los balanceados en el

² www.fastonline.org/.../T0395E/ES/T0395S02.HTM

³ Identificación de mercados y tecnología para productos agrícolas tradicionales de exportación, maíz, MAG / IICA, Quito 2001.

país. En el sector camaronero las empresas BALROSARIO, DIAMASA y L'RIS producen el 90% de los requerimientos de esta industria.

Se estima que el 40% de maíz cosechado se logra procesar mecánicamente, el 30% se procesa artesanalmente y el 30% se vende húmedo. En todos los casos el maíz se comercializa en base de una tabla de descuento, a partir del 13% de humedad y 1% de impurezas.

1.3.1 COSECHA Y POSTCOSECHA

La cosecha de invierno (80% del total) se inicia en abril hasta agosto y la de verano (20%) entre octubre y noviembre. La cosecha de maíz duro se realiza en un 95% a mano y casi la totalidad del desgrane con máquinas; el 5% restante se efectúa con máquinas cosechadoras desgranadoras⁴. Esta actividad está relacionada con el tamaño de las fincas, así como a la disponibilidad de maquinaria.

Existe un déficit funcional de facilidades de procesamiento del grano cosechado y la tecnología disponible no está accesible para los agricultores pequeños y medianos.

En el Ecuador debido a la falta de vías de comunicación, existen pérdidas debido a las mermas y calidad del producto lo cual perjudica a los agricultores.

Considerando que el grano cosechado registra porcentajes de humedad entre el 20% y 30%, la mayoría de agricultores están obligados a comercializar su producto húmedo y con impurezas, lo que va en desmedro del precio.

1.3.1.1 Prevención de enfermedades

Las enfermedades más comunes en el cultivo de maíz son:

⁴ Identificación de mercados y tecnología para productos agrícolas tradicionales de exportación, maíz, MAG / IICA, Quito 2001.

- Mancha curvularia”,
- Curvularia lunata, “tizón”
- Helminthosporium maydis y
- “roya” Puccinia polysora;
- Ocasionalmente se presenta “mancha de asfalto” causada por el hongo Phylachora maydis.
- Pudriciones de las mazorcas causadas por Diplodia ofusarium.

Las medidas preventivas recomendadas son las siguientes:

- Usar semilla certificada de híbridos adaptados a las condiciones de la zona,
- Destruir los residuos de la cosecha anterior,
- Sembrar oportunamente,
- Controlar malas hierbas, rotar el cultivo.
- Evitar siembras escalonadas

1.3.2 ALMACENAMIENTO

Uno de los problemas más serios que enfrentan los acopladores es la gran recepción de granos húmedos que llegan en el momento máximo de la cosecha gruesa, si no se alcanza a procesar con velocidad todas esas partidas, e importantes volúmenes de grano quedan almacenados a la espera de su turno, o deben ser rechazados con gran disgusto de los productores.

Más lógico es contar con silos de almacenamiento de maíz: húmedo, con una ventilación adecuada y un control de temperatura, que permiten mantener, por cortos períodos, los granos suficientemente frescos y ventilados para reducir los peligros de calentamiento, ataque de hongos, etc.

No sólo disminuyen posibles pérdidas por aquellas causas, sino que permiten mantener una aceptable calidad. Una ventilación correcta puede reducir en algún punto la humedad inicial, y al mismo tiempo uniformar las humedades de partidas

con diferentes porcentajes, todo lo cual favorece por supuesto el trabajo de la tostadora.

Pero debe insistirse en que cuanto más húmedo esté un maíz, mayor es el peligro del rápido deterioro que puede sufrir, por lo que los períodos de prealmacenamiento en estos casos deberían ser muy cortos; un maíz almacenado húmedo (más de 25%) sin aireación, sufre también una considerable pérdida de su calidad industrial en la molienda húmeda, luego de más de 24 horas.

1.3.3 CALIDAD DE MAÍZ

El conocimiento o la determinación de las características de los granos está relacionado con el uso final de los mismos, por lo tanto las exigencias que demandan las distintas aplicaciones que pueden tener los granos son muy diferentes. No es lo mismo la calidad demandada de un grano de maíz destinado a semilla que uno reservado para forraje.

Los granos reservados para ser empleados como semilla deben tener las mejores propiedades, en una escala descendente se ubicarían los granos destinados a la alimentación humana, en un escalón algo más bajo se encuentran algunas industrias procesadoras, como la molienda seca y húmeda del maíz, la industria aceitera y otras. Y en una categoría inferior pueden encontrarse los granos para ser utilizados en la alimentación animal.

1.3.4 PRELIMPIEZA

Es la limpieza de los granos enseguida de su recepción, o mejor, antes de su tostado. Se realiza por medio de aspiración o neumáticas, pues se procura que en ese momento se eliminen los materiales livianos (hojas, cáscaras, basura, pedazos de marlos, etc.). También son recomendadas las limpiadoras con zarandas y aspiración.

1.3.5 EL PROBLEMA DE LA HUMEDAD

Los granos, no pueden conservarse almacenados si no están secos. Como término general, una humedad del 15% se considera el límite para estimarlo como "seco". Pero este valor es relativo, pues depende de diversos factores.

1.3.5.1 Humedad en base húmeda y en base seca

La medición de la humedad del grano se fija sobre la llamada "base húmeda", es decir, la cantidad de agua que tiene el grano en total, o sea, sobre su peso de materia seca más agua. Es el dato que dan los humidímetros.

Pero en ciertas operaciones, sobre todo para trabajos científicos, es preferible usar la humedad en "base seca", que es la cantidad de agua que tiene el grano en relación solamente a la cantidad de materia seca. Las relaciones entre ambas expresiones son las siguientes:

$$Hs = \frac{Hh}{100 - Hh} \times 100$$

$$Hh = \frac{Hs}{100 + Hs} \times 100$$

En donde:

Hh: Humedad en base húmeda, %

Hs: Humedad en base seca, %

Por ejemplo, un maíz con 24% de humedad en base húmeda, posee 31,6% de humedad en base seca.

Todas las transacciones comerciales se efectúan sobre base húmeda, pero sin embargo, hay muchas opiniones relativas a que la comercialización de los granos debiera hacerse sobre materia seca.

1.3.6 TOSTADO DEL MAÍZ

El proceso de tostado es un tratamiento térmico, las técnicas que se utiliza sirven para mejorar las características físicas y químicas del alimento, aumentar su digestibilidad entre otras cosas; sin que el proceso realice el mínimo deterioro, tanto del aroma como en el sabor, así como en el cuerpo del maíz.

Un buen tostado garantiza un grano con un buen sabor, excelente estructura y con buenas propiedades nutritivas. Este proceso depende de varios factores que se deben tomar en cuenta en el tueste del maíz como son:

- Tipo de maíz
- Humedad del grano
- Temperatura de precalentamiento
- Temperatura de calentamiento
- Temperatura de tueste
- Temperatura ambiental

El tostado provoca cambios físicos y químicos al grano de maíz debido a la transferencia de calor, lo cual depende de la temperatura y el tiempo en que se realice el proceso.

1.3.6.1 Cambios físicos:

- El grano de maíz, a 100°C, pierde humedad, peso y su estructura exterior pasa de un color amarillo claro al marrón, debido a que se va reduciendo su humedad relativa. A este proceso se le conoce como secado de maíz.
- Al aumentar la temperatura entre 150° a 180° se produce una pérdida más considerable de la humedad, lo que se conoce como el tostado de maíz. Los granos se hinchan, pierden peso y su estructura exterior toma una tonalidad oscura.

- Un exceso de temperatura o un tiempo prolongado de tostado, provoca granos quemados, que han variado su color natural a un color oscuro y que muestra en su estructura interior un deterioro.

1.3.6.2 Cambios químicos:

- Reducción de la humedad.
- Descomposición y volatilidad de varios componentes químicos de los cuales está constituido el grano.
- Incremento de los elementos grasos.
- Reducción del azúcar.

1.3.6.3 Importancia del tueste del maíz

Los alimentos de buena calidad nutricional generalmente proveen los nutrientes necesarios para llevar una vida saludable, ya sean estos de origen animal o vegetal, aportando proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales.

Siendo necesario habitualmente ingerir de varios tipos. Sin embargo, hay que considerar además otros factores como la ausencia de sustancias que puedan tener efectos tóxicos para el organismo.

Cuando el maíz es sometido al tueste, el grano cambia sus cualidades físicas y químicas, siendo este cambio deseable, ya que mediante el calor, la configuración de las proteínas se altera, haciéndolas más digeribles.

1.3.6.4 Diferencia entre el tostado y secado de maíz

A pesar que básicamente sus procedimientos son muy parecidos y tanto el tostado como el secado utilizan los mismos principios en su funcionalidad y sus condiciones de proceso, son completamente distintos como se ilustra en la tabla 1.4

Tabla 1.4 Diferencia entre el tostado y secado de maíz

Parámetros	Tostado	Secado
Temperatura de trabajo	150 a 180°C	100 °C
Húmeda relativa	6.5% al 7.5%	12% al 18%
Funcionalidad	Producto final de consumo	Almacenamiento
Color de su estructura	Marrón o Café	Dorado

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/toasted-corn-51270265.html>

1.3.6.5 Mermas por el tostado de maíz

En primer lugar hay que establecer una diferencia entre "merma" y "pérdida". Según el diccionario "merma" es una porción que se consume naturalmente o se substraer de una cosa, o también depreciación por pérdida de materia que se produce en las mercancías de toda clase transportadas o almacenadas; mientras que "pérdida" es carencia o menoscabo que se recibe en una cosa.

El sentido de "merma" es una pérdida natural o normal que se establece de común acuerdo, mientras que "pérdida" es ocasionada por error, mal uso o por acción delictuosa.

Por ejemplo, merma al tostar el maíz es la reducción de una cantidad de grano en reposo por acción de la extracción de humedad, mientras que una pérdida de tostado sería cuando se seca excesivamente, por debajo de una base admitida. Son entonces las mermas de humedad las que hay que descontar a los productores que entregan granos húmedos (Ver tabla 1.5)

Tabla 1.5: Descuentos de cantidad a efectuar por merma de humedad

Grano	Base o Tolerancia	Diferencia	Humedad final para el cálculo de la merma
Maíz	14,5	1,0	13,5

Fuente: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/X0028S/X0028S01.htm>

Así, para un maíz recibido con 18% de humedad, se debe calcular la merma hasta 13,5%. La tabla indica que la merma es de 5,2%. (Ver anexo II). Sin embargo, la base utilizada es de 14,5%, y la tabla indica que la merma es de 4,1 %.

La diferencia es de: $5,2\% - 4,1\% = 1,1\%$

Estos mayores descuentos se han autorizado para compensar algunas pérdidas que se originan en los procesos del acopio.

1.3.6.6 Merma de volumen

Otro aspecto a analizar es la reducción o merma de volumen de una masa de grano; ésta puede calcularse, para el secado artificial de maíz, entre 0,3 a 0,796 por cada punto de reducción de humedad.

Si se considera un ejemplo de maíz secado de 22 a 14%, tiene una merma de reposo de 9,3%, mientras que la disminución de volumen es de alrededor del 4% (tomando un promedio de 0,5% por cada punto).

1.3.6.7 Pérdidas por el tostado del maíz

Cuando se emplea la tostadora de maíz se originan algunas pérdidas de grano, como roturas y producción de polvo, que no suelen ser muy altas.

Si se realiza un sobretostado se tiene otro costo extra: el mayor consumo de energía, que aumenta en mayor proporción cuanto más bajo es el contenido de humedad final.

1.3.6.8 Daños por el tostado

Son de distinta naturaleza y gravedad y dependen de cómo se realiza el proceso y del diseño de la tostadora.

Los daños pueden clasificarse en:

- Daños visuales.
- Daños económicos.
- Daños industriales.

1.3.6.8.1 Daños visuales

Los daños visuales son diversos, como: decoloración, oscurecimiento y cuarteado del maíz. Si el grano se deja reposar unas horas antes de comenzar el enfriamiento, las tensiones son mucho menores y el fisurado se reduce en gran proporción.

Se conoce que los granos agrietados están siempre más secos que los sanos; para reducir este problema se recomienda temperaturas de 45°C del aire caliente. Si la humedad final se detiene a 15-16%, el grano presenta mayor resistencia para fisurarse y puede elevarse la temperatura hasta 60°C. Aún granos de maíz cosechados manualmente, si son posteriormente humedecidos por alguna causa (por ejemplo sumergidos en agua por varias horas), al secarse pueden partirse en alta proporción, hasta cerca del 100%.

Las grietas que se originan en el maíz son causadas más por una ganancia o pérdida rápida de humedad que por una diferencia excesiva de temperatura las fisuras se producen durante un proceso de absorción de humedad.

1.3.6.8.2 Daños económicos

El grano mal procesado posee mayor predisposición a la rotura. Los granos severamente tostados, se rompen con más facilidad, aumentando los porcentajes de residuos que eliminan las limpiadoras.

1.3.6.8.3 Daños industriales

Sobre la molienda húmeda: los granos cuarteados producen un porcentaje de rotura elevado que se traduce por pérdida de solubles y de almidón durante el remojo.

El oscurecimiento de los granos se debe esencialmente a una reacción que asocia los azúcares libres con ciertos aminoácidos, y que es favorecida por altas temperaturas, cuando la humedad disminuye.

El germen de grano, rico en aceite, tostado a elevada temperatura, puede perder una parte del aceite que se difunde en el endosperma, por lo tanto el almidón queda con un porcentaje de materia grasa mayor de lo permitido.

Al mismo tiempo se degradan las proteínas, que aumentan su densidad, y aprisionan fuertemente a los gránulos de almidón, por esta razón luego de la separación del almidón del gluten se hace más dificultosa durante la maceración a su vez el almidón disminuye su densidad.

1.3.6.8.4 Efecto del tostado en los alimentos balanceados

El tostado del maíz, no tiene una gran incidencia sobre el valor nutricional de los granos para alimentación animal. No afecta mayormente los contenidos de proteína, materias grasas y otros constituyentes, siempre que las temperaturas de tostado o los tiempos de permanencia en la tostadora no sean elevados. Pueden, eso sí, aparecer algunas deficiencias en ciertos aminoácidos esenciales, como lisina (que se trata por separado) o en ciertas vitaminas, pero en la producción de alimentos balanceados, estas carencias pueden resolverse con la adición de otros cereales, subproductos e ingredientes.

CAPÍTULO 2

PREFACTIBILIDAD

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para definir el problema se va a determinar una situación inicial del proyecto a desarrollarse, y una situación final del mismo, es decir, el estado de resolución al terminar el desarrollo del proyecto.

Situación Inicial

Considerando que el grano cosechado registra porcentajes de humedad entre el 20% y 30%, la mayoría de agricultores están obligados a comercializar su producto dentro de este rango y sin proceso alguno debido a que no tienen acceso o posibilidad de adquirir una máquina que mejore las cualidades del maíz. El proceso de tostado, cumple satisfactoriamente con esta necesidad, provocando que sus ganancias mejoren y su trabajo sea bien remunerado, evitando la migración masiva a las grandes ciudades del Ecuador y el aumento del desempleo.

Dado que en la Escuela Politécnica Nacional se tiene el conocimiento y el recurso humano se ve la necesidad de llevar a cabo la elaboración de una tostadora de maíz que cumpla con los estándares y exigencias establecidas para ejecutar este trabajo a un menor costo el cual será enfocado al pequeño y mediano productor.

Situación Final

Máquina para tostar el maíz dirigido a satisfacer las necesidades de la pequeña y mediana industria.

2.2 ESTUDIO DE MERCADO

Se realiza un estudio de mercado el cual indica los parámetros y necesidades del proceso del tostado del maíz, para satisfacer las necesidades del pequeño y mediano productor del Ecuador.

2.2.1 DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y USOS.

El objetivo de la tostadora de maíz consiste en bajar el nivel de humedad del grano conservando sus propiedades y cualidades, esto se realiza aplicando los principios de transferencia de calor. A una determinada cantidad de maíz que se encuentra en un espacio denominado cámara de tostado se le suministra calor uniforme a través de los quemadores que pertenecen a la cámara de combustión, el cual utiliza varios tipos de combustibles siendo el más empleado el gas licuado de petróleo.

2.2.2 OFERTA

2.2.2.1 Producción nacional

De acuerdo a la investigación de campo, se ha llegado a determinar que no existe ninguna empresa que esté dedicada a la construcción de este tipo de máquina, lo cual implica un vacío de maquinaria nacional en el mercado, que en los actuales momentos han tomado gran importancia especialmente la alimentación avícola y de consumo humano.

2.2.2.2 Importaciones

Según datos del Banco Central no existen datos de importaciones de tostadoras de granos, aunque existe de acuerdo las partidas arancelarias 8417 y 8419, bajo el concepto de “máquinas y aparatos” el registro de importaciones del Banco Central del Ecuador (ver anexo I), se muestra una serie histórica de importaciones de máquinas secadoras de granos

En base a la oferta nacional e importaciones, se concluye que la oferta a cubrir es satisfecha en su gran mayoría por maquinarias importadas.

2.2.3 DEMANDA ACTUAL

2.2.3.1 Consumo aparente

Para el cálculo del consumo aparente de la máquina tostadora de maíz en el mercado nacional se ha considerado adecuado realizar una encuesta a los productores de maíz para así tener una idea de las características y demanda insatisfecha del mercado nacional

La encuesta fue dirigida a los productores de maíz de la provincia de los Ríos, para mayor facilidad se toma una muestra que contempla 30 encuestados los cuales respondieron de acuerdo a su criterio y sin ninguna presión.

Mediante la encuesta (ver anexo I) se tiene las siguientes conclusiones.

2.2.3.2 Conclusiones de las encuestas

Estos resultados indican que la producción nacional de maíz tiene una buena aceptación en el Ecuador, siendo los pequeños y medianos productores los que constituyen el 60% y 30% respectivamente de la producción nacional, por tal razón es evidente que sin tecnificación disminuyen sus ganancias, esto se debe a la falta de acceso a información, capacitación y herramientas para este sector productivo.

Por tal motivo se desarrolla el proyecto de la tostadora de maíz, una máquina con las siguientes características: versátil, bajo costo, fácil operación y de capacidad de 100 Kg por hora el cual cumple con las necesidades del pequeño y mediano productor, ayudando de esta manera a este sector productivo.

2.3 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

Las principales restricciones que presenta la máquina tostadora de maíz se detallan a continuación:

b) Costo máximo.- La máquina tostadora debe tener un costo asequible para la pequeña industria, por lo que el costo límite de la máquina a diseñar es de 3000 USD, el mismo que comprende materiales, equipos y accesorios.

c) Mantenimiento.- La máquina debe ser de fácil limpieza y acceso para el empleado, de forma que no requiera mucho costo de mantenimiento.

d) Físicos.- Se debe considerar la geometría y el peso del equipo, para su instalación, transporte y operación.

e) Tecnología.- Los elementos utilizados deben estar disponibles en el mercado local a un precio adecuado, por lo que no deben ser muy sofisticados. Por otro lado para evitar una buena capacitación del trabajador, la operación de la máquina debe ser simple.

g) Ambiente de trabajo.- El lugar de trabajo debe ser un espacio cubierto, ventilado y sin humedad que evite la corrosión.

h) Facilidad de operación.- El equipo debe ser de fácil comprensión para ser operado sin problemas.

i) Seguridad.- La máquina trabaja con rangos de temperatura, por lo tanto se debe tomar en cuenta la seguridad del operador.

2.4 ESPECIFICACIONES

2.4.1 PARÁMETROS FUNCIONALES

Los parámetros más importantes a ser considerados para el desarrollo del diseño son:

Salubridad:

Debido a que la máquina está manipulando directamente productos para consumo humano se debe cumplir con requisitos de salubridad emitidos por el Ministerio de Salud. Los materiales a utilizarse no deben producir focos de oxidación a lo largo de su vida útil ya que contaminaría el producto final.

Capacidad de tostado:

De acuerdo a la encuesta realizada la capacidad de la máquina debe ser 100 Kg por hora.

Operación y costo:

Operación: semiautomática

Costo:

Inferior a 3000 USD

Peso máximo:

120 [Kg]

2.4.2 AMBIENTE DE TRABAJO

Teniendo en cuenta que el proceso de tostado de maíz genera CO (monóxido de carbono) debido a la combustión de gas propano el lugar de trabajo debe tener una buena ventilación y un extractor el cual libere de contaminación el sitio de trabajo para así evitar enfermedades en el personal de trabajo.

2.4.3 VIDA ÚTIL

La vida útil de la máquina se basa en el desempeño de cada uno de sus sistemas, en especial aquellos que estén sometidos a altas temperaturas en especial la cámara de tostado. De tal forma que el tiempo de vida útil de la máquina es de 10 años.

2.4.4 COSTOS DEL PRODUCTO

El costo del equipo no debe pasar los USD 3000 dentro del cual ya se encuentra estimado:

- Materiales
- Mano de obra
- Procesos de elaboración (maquinado)
- Protocolo de pruebas
- Imprevistos.

2.4.4.1 Costo de diseño y desarrollo

El valor del diseño y desarrollo se lo obtiene mediante un porcentaje que oscila entre el 20 y 25 % del costo de la máquina.

2.4.5 APARIENCIA

Es un factor muy importante al momento de cotizar la máquina ya que lo puede elevar o bajar el precio final del producto, debido a que la máquina va dirigida a la pequeña y mediana empresa la apariencia debe cumplir con los requisitos básicos como son acabados lisos, evitando superficies cortantes, ya que podrían causar lesiones del personal que opera la máquina.

2.4.6 MATERIALES

Los materiales más importantes a utilizarse son:

- Acero Inoxidable AISI 304
- Acero laminado ASTM 36

CAPITULO 3

FACTIBILIDAD

3.1 DISEÑO DE ALTERNATIVAS

Este capítulo se enfoca exclusivamente en el estudio y selección de una alternativa eficiente y económica. Dentro de las múltiples soluciones que se pueden presentar al problema planteado, se desarrollan las siguientes opciones.

1. Tostadora de Tambor.
2. Tostadora de Tambor rotativo con flujo de aire.

3.1.1 ALTERNATIVA 1: TOSTADORA DE TAMBOR

3.1.1.1 Descripción

Este tipo de tostadora, funciona mediante el accionamiento de un motor y un reductor que hace girar un eje, el cual está acoplado a unas aspas de agitación dentro de la cámara de tostado para lograr distribuir el calor uniformemente y así obtener un tostado uniforme en toda la carga.

El tostado se lo realiza por medio de quemadores de gas localizados en la parte inferior del tanque, el quemador se controla por medio de un termostato eléctrico, el cual controla la válvula de seguridad que es la encargada de regular el paso del combustible.

El encendido de los quemadores es automático, se lo realiza por medio de un ignitor que está en serie con la válvula de seguridad.

Dispone de un aislamiento térmico para evitar que se produzcan pérdidas hacia el exterior y así lograr que el calentamiento sea más rápido.

En la figura 3.1 se muestra un esquema de la tostadora de tambor.

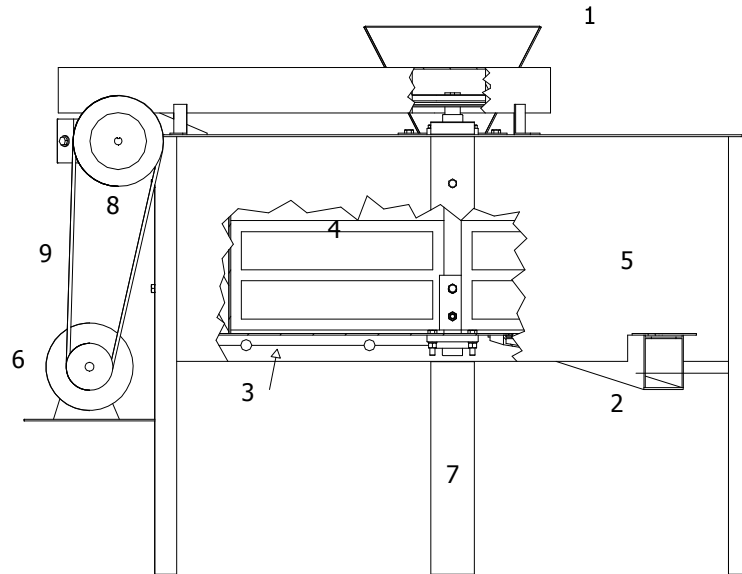


Figura 3.1 Tostadora de tambor

Fuente: Propia

Donde:

1. Tolva
2. Canal de descarga
3. Cámara de combustión
4. Espas de agitación
5. Cámara de tostado
6. Motor
7. Perfil soporte
8. Polea
9. Banda

3.1.1.2 Ventajas

- Materiales fáciles de encontrar en el mercado
- Bajo costo energético.
- Simplicidad tecnológica
- Costo relativo bajo.
- Fácil operación

3.1.1.3 Desventajas

- Calentamiento de carga lento
- Enfriamiento lento

3.1.2 ALTERNATIVA 2: TOSTADORA DE TAMBOR CON FLUJO DE AIRE

3.1.2.1 Descripción

EL funcionamiento básicamente inicia con el ingreso de la carga a través de la tolva la cual es la encargada de dar dirección a la carga, pasando luego a un cilindro metálico que gira sobre una fuente de calor o un horno, al cual se le suministra calor mediante la cámara de combustión normalmente es usado GLP como material inflamable, ésta tostadora aprovecha el aire caliente generado en la cámara de combustión, ayudado por el ventilador que se encuentra en la parte superior. La descarga del producto tostado se lo hace por medio de una palanca la cual activa una compuerta.

En la figura 3.2 se muestra un esquema del tostador de tambor con flujo de aire.

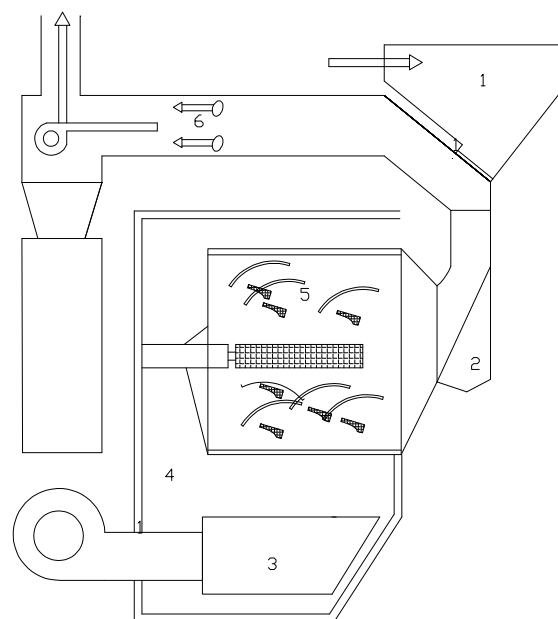


Figura 3.2 Tostadora de tambor con flujo de aire

Fuente: Propia

Donde:

1. Tolva
2. Canal de descarga
3. Cámara de combustión
4. Horno u hogar
5. Cámara de tostado
6. Canal del ventilador

3.1.2.2 Ventajas

- Mayor grado de uniformidad en el tueste.
- Enfriamiento más rápido
- Alta confiabilidad

3.1.2.3 Desventajas

- Bajo control de tueste visual
- Mayor consumo de energía
- Mayor costo
- Mantenimiento más complejo.

3.2 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Para la selección de la alternativa adecuada que cumpla con los objetivos especificados en este proyecto, se emplea el Método ordinal corregido de criterios ponderados⁵.

Este método se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se asignan los valores siguientes:

- 1 Si el criterio de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas
- 0,5 Si el criterio de las filas es equivalente (=) al de las columnas
- 0 Si el criterio de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas

⁵ Diseño Concurrente , Carles Riba, Pág. 57

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios, al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio. Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de sus pesos específicos por el del respectivo criterio

En el diseño y construcción de una tostadora de maíz, las soluciones o alternativas se presentan en la tabla 3.1:

Tabla 3.1 Alternativas del tostador

CÓDIGO	ALTERNATIVA
A	Tostadora de Tambor.
B	Tostadora de Tambor rotativo con flujo de aire

Fuente: Propia

3.2.1 FACTORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA

Para evaluar las alternativas anteriormente propuestas se toman en cuenta varios criterios que sean tomado en base al los objetivos de este proyecto así como las encuestas realizadas a los productores (ver tabla 3.2).

Tabla 3.2 Criterios de evaluación

CRITERIOS
Costo
Facilidad de construcción y montaje
Facilidad de mantenimiento
Facilidad de operación
Versatilidad.
Seguridad

Fuente: Propia

3.2.1.1 Costo

Debido a que la máquina está dirigida a la pequeña y mediana empresa, el costo de construcción es uno de los criterios más importantes a tomarse en cuenta en este proyecto. Para el costo total de la máquina, se divide básicamente en dos grupos:

- El costo de alquiler de la maquinaria a emplearse durante su construcción y montaje que se lo realiza de acuerdo a los valores que están vigentes actualmente en el mercado.
- El costo de la mano de obra a emplearse durante el mismo proceso de construcción y montaje.

3.2.1.2 Facilidad de construcción y montaje

La facilidad de construcción y montaje es otro criterio importante ya que eleva o decrece el valor final de la máquina tomando como factores para su costo: la existencia de piezas complejas o sencillas de rápida construcción, la utilización de herramientas sofisticadas y mano de obra calificada.

3.2.1.3 Facilidad de mantenimiento

La evaluación se realiza en base las siguientes condiciones:

- Facilidad de montaje y desmontaje para el mantenimiento.
- La utilización de herramientas de fácil adquisición.

3.2.1.4 Facilidad de operación

Se evalúa la facilidad de operación que presenta la máquina, de esta manera se garantiza que cualquier persona que requiera la máquina pueda acceder a ella.

3.2.1.5 Versatilidad

Se evalúa la versatilidad que presenta la máquina, este criterio es importante debido a que la máquina está dirigida a la pequeña y mediana empresa.

3.2.1.6 Seguridad

Se evalúa la capacidad que tenga la máquina para brindar las condiciones adecuadas de operación y bienestar al operario.

3.2.2 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

En la tabla 3.3 se procede a la evaluación del peso específico de cada criterio

Tabla 3.3 Evaluación del peso específico de cada criterio

CRITERIO	MANTENIMIENTO	F. OPERACIÓN	F. CONSTRUCCION	VERSATILIDAD	COSTO	SEGURIDAD	$\Sigma+1$	PESO PONDERADO.
MANTENIMIENTO	0	1	1	0.5	0.5	0	4	0.190
FACILIDAD DE OPERACIÓN	0	0	0.5	0.5	1	0.5	3.5	0.167
FACILIDAD DE CONSTRUCCION Y MONTAJE	0	0.5	0	0,5	1	0	3	0.143
VERSATILIDAD	0.5	0.5	0,5	0	1	1	4.5	0.214
COSTO	0.5	0	0	0	0	1	2.5	0.119
SEGURIDAD	1	0.5	1	0	0	0	3.5	0.167
						SUMA	21	1

Luego de haber realizado la evaluación del peso específico de cada criterio se procede a la evaluación de los pesos específicos de los criterios en las distintas alternativas, esto está desarrollado desde la tabla 3.4 hasta la tabla 3.9.

Tabla 3.4 Evaluación del peso específico del criterio “mantenimiento”.

EVALUACION DEL PESO ESPECIFICO DEL CRITERIO MANTENIMIENTO				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	1	2	0.67
ALTERNATIVA B	0	0	1	0.33
		SUMA	3	1

Tabla 3.5 Evaluación del peso específico del criterio “facilidad de operación”.

EVALUACION DEL PESO ESPECIFICO DEL CRITERIO FACILIDAD DE OPERACIÓN				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	0.5	1.5	0.5
ALTERNATIVA B	0.5	0	1.5	0.5
		SUMA	3	1

Tabla 3.6 Evaluación del peso específico del criterio “facilidad de construcción”.

EVALUACION DEL PESO ESPECIFICO DEL CRITERIO FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	1	2	0.67
ALTERNATIVA B	0	0	1	0.33
		SUMA	3	1

Tabla 3.7 Evaluación del peso específico del criterio “versatilidad”.

EVALUACION DEL PESO ESPECIFICO DEL CRITERIO VERSATILIDAD				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	0.5	1.5	0.5
ALTERNATIVA B	0.5	0	1.5	0.5
		SUMA	3	1

Tabla 3.8 Evaluación del peso específico del criterio “costo”.

EVALUACION DEL PESO ESPECIFICO DEL CRITERIO COSTO				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	1	2	0.67
ALTERNATIVA B	0	0	1	0.33
		SUMA	3	1

Tabla 3.9 Evaluación del peso específico del criterio “seguridad”.

EVALUACION DEL PESO ESPECIFICO DEL CRITERIO SEGURIDAD				
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	$\Sigma+1$	PESO POND.
ALTERNATIVA A	0	0.5	1.5	0.5
ALTERNATIVA B	0.5	0	1.5	0.5
		SUMA	3	1

En la tabla 3.10 se realiza la evaluación de las Alternativas.

Tabla 3.10 Evaluación del las alternativas.

TABLA DE CONCLUSIONES								
	MANTENIMIENTO	F. OPERACIÓN	F. CONSTRUCCIÓN	VERSATILIDAD	COSTO	SEGURIDAD	Σ	PESO POND.
ALT. A	0.127	0.083	0.095	0.107	0.079	0.083	0.58	1
ALT. B	0.063	0.083	0.048	0.107	0.026	0.083	0.42	2

Al culminar con todos los pasos previos al Método ordinal corregido de criterios ponderados se llega a la conclusión, que en base a los datos mostrados en la tabla 3.10, la alternativa A que corresponde al tostador de tambor es la que cumple con los objetivos de este proyecto.

3.2.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Al culminar la construcción de la máquina tostadora de maíz, se debe verificar que la máquina cumpla satisfactoriamente con los parámetros y especificaciones de diseño, así como su correcto funcionamiento a través de un protocolo de pruebas, para esto se pone a la máquina en situaciones similares a la reales.

Entre los aspectos a ser comprobados son:

- Dimensiones físicas
- Velocidad de funcionamiento.
- Temperatura de trabajo.
- Tiempo de tostado.
- Encendido automático de quemadores.
- Funcionamiento de motores con amperaje nominales.
- Seguridad para el operario.
- Control de fugas.
- Inspección de sujeción, partes empernadas y soldadas.
- Inspección de los sistemas eléctricos.

3.2.3.1 Pruebas sobre la tostadora

3.2.3.1.1 Control de las dimensiones físicas

Una vez construida la máquina tostadora de maíz, se debe comparar con las dimensiones de la tostadora de diseño, para lo cual se utiliza un flexómetro, una báscula, el control de las dimensiones físicas se indica en la tabla 3.11

Tabla 3.11 Control de las dimensiones físicas

PRUEBA	RESULTADO REQUERIDO		RESULTADO OBTENIDO	
Dimensiones Básicas	Peso		Peso	
	Ancho Total		Ancho Total	
	Altura Total		Altura Total	
	Diámetro de la cámara de tostado		Diámetro de la cámara de tostado	
	Profundidad de la cámara de tostado		Profundidad de la cámara de tostado	

Fuente: Propia

3.2.3.1.2 Control de la velocidad angular

Debido a que la velocidad angular es baja según el parámetro de diseño, el número de revoluciones por minuto (rpm) del eje del tostador se lo realiza en forma visual y con ayuda de un cronómetro (ver tabla 3.12).

Tabla 3.12 Control de la velocidad angular.

PRUEBA	RESULTADO REQUERIDO	RESULTADO OBTENIDO
Velocidad Angular del Eje		

Fuente: Propia

3.2.3.1.3 Control de la Temperatura

Esta prueba se la realiza en la cámara de tostado con la ayuda de un termómetro tomando la lectura cada cinco minutos desde el momento de encendido de la tostadora (ver tabla 3.13).

Hay que tomar en cuenta que para la elaboración de esta prueba la cámara de tostado debe estar a temperatura ambiente y completamente sellado.

Tabla 3.13 Control de la temperatura de tueste.

PRUEBA	RESULTADO REQUERIDO		RESULTADO OBTENIDO	
Temperatura de Tueste	Temperatura (°C)		Temperatura (°C)	
	Tiempo (min)		Tiempo (min)	

Fuente: Propia

3.2.3.1.4 Control del tiempo de tostado.

Una vez que la cámara de tostado llegue a la temperatura de 175 °C se introduce el maíz y se procede a tomar el tiempo que tarda el maíz en tostarse (ver tabla 3.14).

Tabla 3.14 Control del tiempo de tostado.

PRUEBA	RESULTADO REQUERIDO		RESULTADO OBTENIDO	
Tiempo de Tueste	Cantidad (Kg)		Cantidad (Kg)	
	Tiempo(min)		Tiempo(min)	

Fuente: Propia

3.3 DISEÑO DE LA MÁQUINA TOSTADORA DE MAÍZ

3.3.1 DETALLE DEL PROCESO DE TUESTE

Este proceso inicia introduciendo el maíz en la cámara de tostado mediante una tolva que está en la parte superior de la tostadora. El accionamiento de la máquina se realiza por medio de un motoreductor que transmite el movimiento hacia la aspas de agitación.

El calentamiento de la carga es producida por medio de quemadores que están ubicados en la parte inferior del cilindro tostador

Al frente del tostador está ubicado el canal de descarga, que es donde el maíz es recolectado en muestras para verificar el tipo de tueste.

Una vez que el maíz está tostado se procede a la descarga hacia el exterior, para que luego sea recolectado en una tina donde la temperatura baja y así el maíz complete su proceso de tostado.

3.3.2 SISTEMAS CONSTITUTIVOS DE LA TOSTADORA DE MAÍZ

Para el dimensionamiento de los sistemas que conforman la máquina tostadora se los divide en:

- Sistema de tostado del maíz.
- Sistema motriz de la cámara de tostado.
- Estructura soporte de la tostadora.

3.3.2.1 Sistema de tostado del maíz.

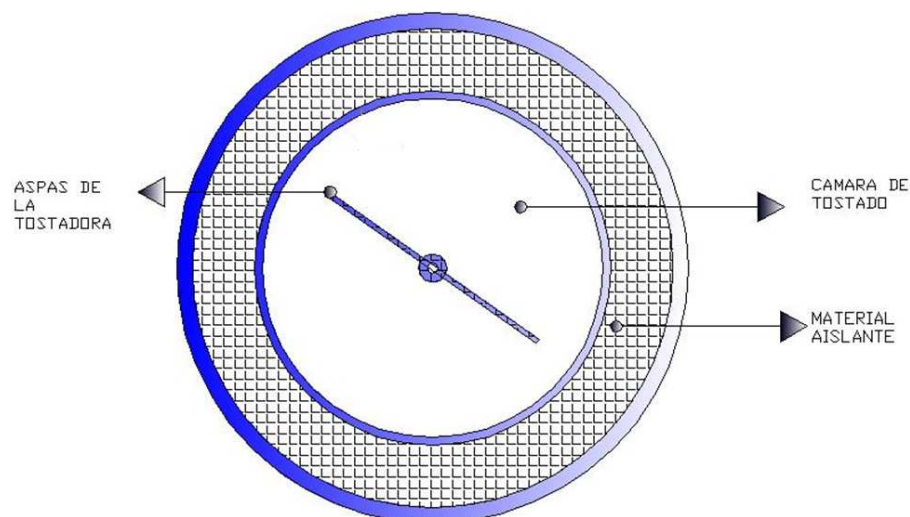


Figura 3.3 Esquema del sistema de tostado

Fuente: Propia

Este sistema se basa en los principios de un horno convencional que funciona con quemadores de gas normales, el cual consta de un cilindro cerrado para tostar, emplea una tubería normal para la salida del calor similar a una campana de una estufa, la perilla de apertura del gas con la cual se regula el tipo de tueste y el tiempo que se desee (ver figura 3.3).

3.3.2.1.1 *Cilindro tostador*

Se considera una masa de 100 Kg de maíz que de acuerdo al estudio de mercado es lo que requiere el productor. Partiendo de la masa se obtiene el volumen correspondiente que es la base del diseño.

La cámara de calentamiento donde se tuesta el maíz se la considera cilíndrica por la distribución de calor debido a una agitación circular.

Para el dimensionamiento físico se conoce que la densidad del maíz cosechado es de 340 [Kg/m³].

Como la densidad de cualquier sustancia es igual a la relación de su masa por unidad de volumen es decir:

$$V = \frac{m}{\delta} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$V = 0.294 \text{ m}^3$$

Donde:

V: Volumen requerido de la cámara de tostado, [m³]

δ : Densidad del maíz verde, [Kg/m³]

El volumen requerido es 0.294 m³ pero para los cálculos se considera un volumen de 0.44 m³ que corresponde a un volumen final de 1.5 veces del volumen requerido, esto se realiza para facilitar la operación de la tostadora y permitir que el maíz tenga mayor movilidad.

Para el cálculo del volumen final se desprecia el volumen del eje y de las aspas que van a mover el producto.

El volumen de la cámara es cilíndrica es:

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde:

V: Volumen de la cámara de tostado

d: Diámetro de la cámara de tostado

h: Altura de la cámara de tostado

Realizando un proceso iterativo se selecciona las siguientes dimensiones:

d: diámetro de la cámara de tostado = 1.10 m

h: altura de la cámara de tostado = 0.45 m

3.3.2.1.2 Selección del espesor del cilindro

El material que se selecciona es ACERO INOXIDABLE AISI 304, el cual tiene las siguientes propiedades mecánicas.

Resistencia de fluencia $S_y = 40.0 \text{ kpsi} \approx 28.57 \text{ kg/mm}^2$

Resistencia última $S_{ut} = 82.4 \text{ kpsi} \approx 58.86 \text{ kg/mm}^2$

La presión que soporta el cilindro en su interior está dada por la siguiente fórmula:

$$p = \frac{W_m}{A} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

p: Presión que ejerce el maíz sobre las paredes del cilindro, Kg/mm^2

W_m : Peso del maíz, Kg.

A: Área comprendida por el maíz en el interior del cilindro.

$$p = \frac{100}{1500000} = 6,67 \times 10^{-5} \text{ Kg/mm}^2$$

Tomando al cilindro como de pared delgada, entonces los esfuerzos a los que está sometido son los siguientes:

$$\frac{pd_i}{2t} = \sigma_1 \quad \text{Ec. (3.4)}^6$$

$$\frac{pd_i}{4t} = \sigma_2$$

$$\Rightarrow \sigma_2 = \frac{\sigma_1}{2}$$

Donde:

σ_1 : Esfuerzo circunferencial o de aro, [Kg/mm²]

σ_2 : Esfuerzo longitudinal, [Kg/mm²]

p : Presión que ejerce el maíz sobre las paredes del cilindro, [Kg/mm²]

d_i : Diámetro interior del cilindro, [mm].

t : Espesor, [mm].

Se selecciona una plancha con un espesor de 4 mm

$$\sigma_1 = \frac{1100 \cdot 6.67 \times 10^{-5}}{2 \cdot 4} = 0.0092 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_2 = 4.58 \times 10^{-3} \text{ Kg/mm}^2$$

Los esfuerzos son muy bajos comparados con la resistencia a la fluencia del material que es 28.57 Kg/mm² por lo que se asegura un buen funcionamiento del elemento diseñado, pero se selecciona esta medida para tener mejor estabilidad.

3.3.2.1.3 Cámara de combustión

Consiste básicamente de un conjunto de quemadores, así como los controles necesarios para la operación con seguridad.

⁶ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 67

Quemadores

Se utilizan quemadores atmosféricos que se colocan en la parte inferior de la cámara de tueste.

Una parte del aire necesario para la combustión (aire primario) se induce en el propio quemador por el chorro de gas salido de un inyector (efecto venturi); el aire restante (aire secundario) se obtiene por difusión del aire ambiente alrededor de la llama. En este tipo de quemadores se tiene combustión con altos índices de exceso de aire. La principal ventaja de este sistema es su simplicidad y bajo costo.

La energía de activación se logra mediante un ignitor que enciende a la mezcla aire combustible. La regulación del gas se obtiene por variación de la presión en el inyector (abriendo y cerrando progresivamente la válvula de gas); esto permite que el quemador pueda ser modulante con relativa facilidad. Lo más habitual es que únicamente se module la válvula de gas, dejando en una posición fija la entrada de aire en la puesta en marcha.

Válvula de seguridad

El flujo de gas se controla mediante el uso de una válvula que regula la presión del gas en el quemador, exteriormente consta de un acople para el ingreso del gas y sus respectivos acoples para la salida hacia los quemadores.

Ignitor

El ignitor eléctrico no es más que un electrodo el cual proporciona la chispa para encender la llama en los quemadores, está constituido por un filamento incandescente con propiedades resistivas, el mismo debe estar junto al quemador para encender la llama cuando sea necesario.

Termostato

Constituye un componente de mucha utilidad en el sistema de combustión porque controla la temperatura deseada en la cámara de tueste, otra función es regular el paso de GLP a los quemadores. Otra función del termostato es controlar el ignitor para encender los quemadores.

Contactores

Los contactores son elementos eléctricos que funcionan como interruptores con la ayuda de una bobina que hace que se conecte la fase.

Térmicos y fusibles

Los fusibles son protecciones eléctricas que limitan el paso de corriente eléctrica dentro de un rango establecido.

3.3.2.1.4 Cálculo de Temperaturas

Se va a calcular la magnitud de varios parámetros funcionales de la cámara de tostado como son: espesores de pared, operación sin carga, operación con carga.

Para el sistema de tostado de maíz se tiene dos flujos de calor, uno que sale hacia el medio ambiente y que constituye las pérdidas del sistema y el otro que sirve para calentar el cilindro donde se encuentra ubicada la carga, estos flujos están orientados como se aprecia en la figura 3.4

Para calcular el flujo de calor que entra y el flujo de calor que sale se utiliza el método de resistencia térmica equivalente tanto para conducción y convección en cilindros⁷.

⁷ Fundamentos de Transferencia de Calor, Incropera De Witt, cuarta edición, págs. 77-93.

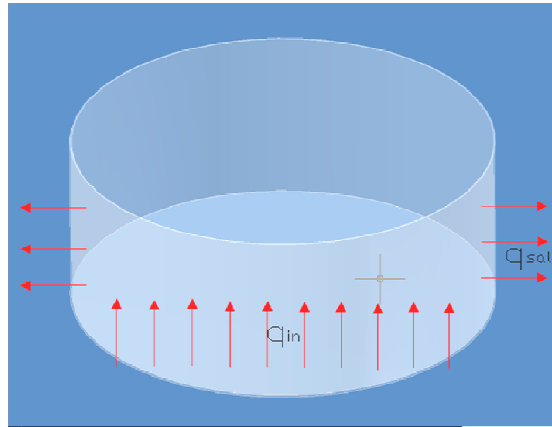


Figura 3.4 Flujos de calor en la cámara de combustión

Fuente: Propia

En la figura 3.5 se esquematiza los diferentes elementos que intervienen en el flujo de calor perdido a los alrededores.

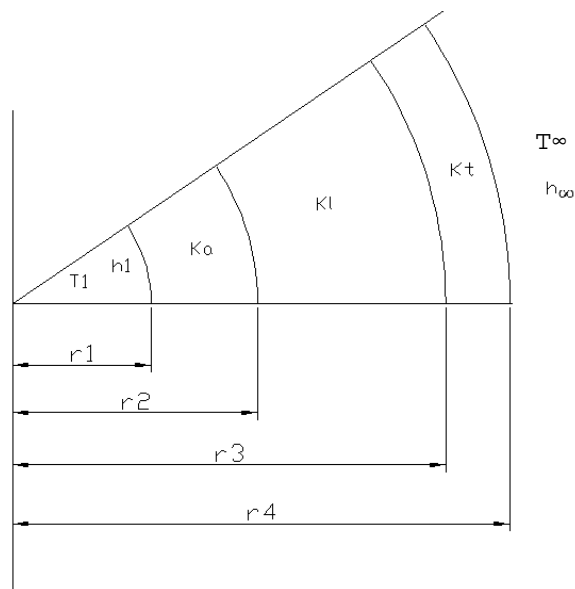


Figura 3.5 Capas externas de la cámara de tostado

Fuente: Propia

Donde:

- r1: Radio interior de la lámina de acero inoxidable (espesor=4 mm), [m].
- r2: Radio exterior de la lámina de acero inoxidable, [m].
- r3: Radio interior del tool negro (espesor 2 mm), [m].

- r4: Radio exterior del tool negro, [m].
 T1: Temperatura en el interior de la cámara de tostado, [°C]
 Ta: Temperatura del ambiente, [°C]
 Ka: Conductividad térmica del acero inoxidable, [W/m°C].
 KL: Conductividad térmica de la lana de vidrio, [W/m°C].
 Kt: Conductividad térmica del tool negro, [W/m°C].
 h1: Coeficiente de convección en la cámara de tostado
 h∞: Coeficiente de convección del aire a temperatura ambiente.

En la figura 3.6 se detalla de una manera comprensible el circuito térmico equivalente.

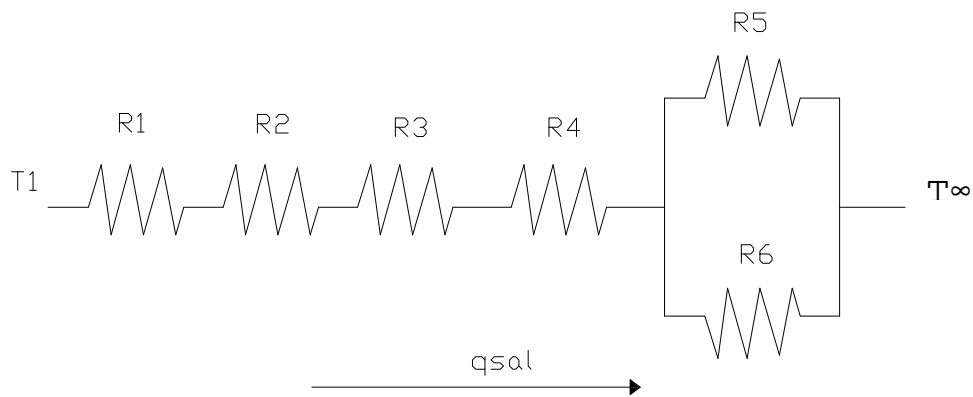


Figura 3.6 Circuito térmico del calor que sale de la cámara de tostado

Fuente: Propia

La resistencia térmica por convección⁸ es:

$$R_{t,conv} = \frac{1}{h \cdot A} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Donde:

$R_{t,conv}$: Resistencia térmica por convección, [°C/W]

h: Coeficiente de convección, [W/m² °C]

A: Área transversal al flujo de calor, [m²]

⁸ Fundamentos de Transferencia de Calor, Incropera De Witt, cuarta edición, pág. 77

La resistencia térmica por conducción para cilindros⁹:

$$R_{t,cond} = \frac{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot K} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Donde:

$R_{t,cond}$: Resistencia térmica por conducción, [°C/W]

r_{ext} : Radio externo del cilindro, [m].

r_{int} : Radio interno del cilindro, [m].

L : Longitud del cilindro, [m].

K : Conductividad térmica del elemento, [W/m°C].

Para el flujo de calor que sale al medio ambiente se tienen las siguientes condiciones:

- Números de capas 3
- Lámina de acero inoxidable, 4 [mm] $K_a = 14.9 [W/m^{\circ}C]$ ¹⁰
- Lana de vidrio, 80 [mm] $K_l = 0.046 [W/m^{\circ}C]$ ¹¹
- Tool laminado en frío 2 [mm] $K_t = 60.5 [W/m^{\circ}C]$ ¹²
- Coeficiente de radiación a la temperatura ambiente $h_r = 11[W/m^2^{\circ}C]$ ¹³
- Coeficiente de convección en la cámara de tostado $h_1 = 70[W/m^2^{\circ}C]$ ¹⁴.
- Coeficiente de convección del aire a la temperatura ambiente $h_{\infty} = 5[W/m^2^{\circ}C]$ ¹⁵.
- Temperatura exterior $T_{\infty} = 20^{\circ}C$

⁹ Fundamentos de Transferencia de Calor, Incropera De Witt, cuarta edición, pág. 92

¹⁰ Fundamentos de Transferencia de Calor, Incropera De Witt, cuarta edición, pág. 827

¹¹ Fundamentos de Transferencia de Calor, Incropera De Witt, cuarta edición, pág. 834

¹² Fundamentos de Transferencia de Calor, Incropera De Witt, cuarta edición, pág. 827

¹³ Fundamentos de Transferencia de Calor, Incropera De Witt, cuarta edición, pág. 12

¹⁴ Diseño y construcción de una tostadora de café, Guerrero Eduardo, EPN, 2002, pág. 46

¹⁵ Diseño y construcción de una tostadora de café, Guerrero Eduardo, EPN, 2002, pág. 47

- Temperatura interior $T_1 = 175^{\circ}\text{C}^{16}$
- Longitud del cilindro $L = 0.45[\text{m}]$
- Radios de menor a mayor
 - $r_1 = 0.55[\text{m}]$
 - $r_2 = 0.554[\text{m}]$
 - $r_3 = 0.634[\text{m}]$
 - $r_4 = 0.636[\text{m}]$
- Área transversal al flujo de calor del interior de la cámara de tostado $A_1 = 1.56[\text{m}^2]$
- Área transversal al flujo de calor del exterior del tool negro $A_2 = 1.8[\text{m}^2]$

Utilizando las ecuaciones de resistencias térmicas 3.5 y 3.6 se tiene que la ecuación de resistencia térmica equivalente de la pérdida de calor:

$$R_{T,1} = R_1 + R_2 + R_3 + \left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right)^{-1} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

$$R_{T,1} = \frac{1}{h_1 \cdot A_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 \cdot \pi \cdot K_a \cdot L} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2 \cdot \pi \cdot K_l \cdot L} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{2 \cdot \pi \cdot K_t \cdot L} + \frac{1}{(h_{\infty} + h_r) \cdot A_2} \quad \text{Ec. (3.8)}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 4.8 se obtiene la Resistencia $R_{T,1}$:

$$R_{T,1} = 1.07 \left[\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right]$$

En la figura 3.7 se esquematiza los diferentes elementos que intervienen en el flujo de calor que ingresa a la cámara de tostado

¹⁶ Investigación y desarrollo de nuevas alternativas alimenticias para consumo humano, basadas en maíz, banano, plátano y quinua, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quito, 2003.

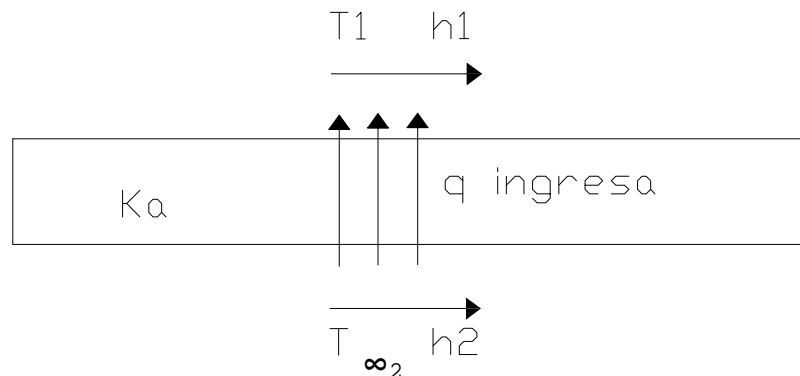


Figura 3.7 Base de la cámara de tostado

Fuente: Propia

Para el flujo de calor que ingresa al cilindro tostador se tiene las siguientes condiciones:

- Números de capas 1
- Lámina de acero inoxidable 4mm $K_a = 14.9 \text{ W/m}^\circ\text{C}^{17}$
- Coeficiente de convección en la cámara de tostado $h_1 = 70[\text{W/m}^2\text{C}]^{18}$.
- Coeficiente de convección en la cámara de combustión $h_2 = 150[\text{W/m}^2\text{C}]$.
- Temperatura interior $T_1 = 175^\circ\text{C}^{19}$
- Espesor de la base del cilindro $L_1 = 4[\text{mm}]$
- Radio externo del cilindro tostador $r_1 = 0.55[\text{m}]$
- Diferencia de temperaturas $\Delta T_{\infty 2-1} = 525^\circ\text{C}$ (supuesto)
- Área transversal al flujo de calor de la base del cilindro $A_3 = 0.95[\text{m}^2]$

¹⁷ Fundamentos de Transferencia de Calor, Incropera De Witt, cuarta edición, pág. 827

¹⁸ Fundamentos de Transferencia de Calor, Incropera De Witt, cuarta edición, pág. 8

¹⁹ Investigación y desarrollo de nuevas alternativas alimenticias para consumo humano, basadas en maíz, banano, plátano y quinua, INIAP, Quito, 2003.

La transferencia de calor que ingresa a la cámara de tueste se esquematiza en el circuito térmico de la figura 3.8

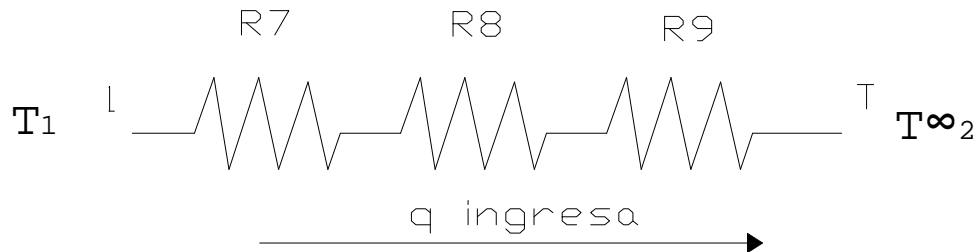


Figura 3.8 Circuito térmico del calor que ingresa a la cámara de tostado

Fuente: Propia

Utilizando las ecuaciones de resistencias térmicas 3.7 y 3.8 se llega a la ecuación de resistencia térmica del calor que se aprovecha en la cámara de tueste:

$$R_{T,2} = R_7 + R_8 + R_9 \quad \text{Ec. (3.9)}$$

$$R_{T,2} = \frac{1}{h_1 A_3} + \frac{L_1}{K_a A_3} + \frac{1}{h_2 A_3} \quad \text{Ec. (3.10)}$$

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación 3.10 se obtiene la Resistencia $R_{T,2}$:

$$R_{T,2} = 0.0223 \left[\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right]$$

Para conocer la cantidad de flujo de energía necesaria para obtener el tostado, se utiliza la ecuación 3.11.²⁰

$$q = \frac{\Delta T}{R_{Ter}} \quad \text{Ec. (3.11)}$$

²⁰ Fundamentos de Transferencia de Calor, Incropera De Witt, cuarta edición, pag. 76

Donde:

q : Flujo de calor, [W]

ΔT : Variación de temperaturas, [°C]

R_{Ter} : Resistencia térmica, [°C/W]

Por lo tanto el calor que se necesita para obtener el tostado

$$q_t = 30493 [W]$$

Para encontrar el calor que se aprovecha y el perdido en la tostadora, es necesario encontrar la energía entregada al maíz para el tostado, por lo que es necesario utilizar estudios previos al tostado del maíz en los que se indican los parámetros necesarios para seguir adelante en el diseño.

El estudio de las condiciones de tostado está basa en un informe técnico anual del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) llamado “Investigación y desarrollo de nuevas alternativas alimenticias para consumo humano, basadas en maíz, banano, plátano y quinua”, la cual ofrece los siguientes parámetros para encontrar los flujos de calor²¹.

Temperatura de Tostado: 175 [°C]

Mediante la ecuación 3.12, se calcula la cantidad de energía necesaria que absorben los 78 Kg de acero inoxidable al calentarse desde la temperatura ambiente hasta la máxima temperatura a utilizarse que es 650 [°C]

$$Q_{ac} = m_{ac} \cdot Cp_{ac} \cdot (T_f - T_a) \quad \text{Ec. (3.12)}^{22}$$

Donde,

Q_{ac} : Calor absorbido por el acero inoxidable, [KJ].

m_{ac} : Masa del cilindro tostador, 75 [Kg].

²¹ Investigación y desarrollo de nuevas alternativas alimenticias para consumo humano, basadas en maíz, banano, plátano y quinua, INIAP, Quito, 2003.

²² Física General, Zemansky, pág. 286

Cp_{ac} : Calor específico del acero inoxidable promedio, 515 [J/Kg°C].

T_f : Temperatura final del acero inoxidable, 700 [°C]

T_a : Temperatura ambiente, 20 [°C]

Reemplazando los valores en la ecuación 3.12 se tiene el calor que debe absorber la cámara de tostado.

$$Q_{ac} = 26266KJ$$

Considerando a q_{ing} como la cantidad de energía promedio que aporta al sistema por unidad de tiempo, se puede estimar cuanto tarda en calentarse el cilindro tostador a partir de la ecuación 3.13

$$t_{ac} = \frac{Q_{ac}}{q_t} \quad \text{Ec. (3.13)}$$

Donde,

t_{ac} : Tiempo requerido para calentarse el cilindro tostador, [seg].

Entonces:

$$t_{ac} = 861.3 \text{ seg.} = 14.4 \text{ min}$$

A continuación se realiza el análisis para la carga de maíz:

$$Q_m = m_m \cdot Cp_m \cdot (T_t - T_a) \quad \text{Ec. (3.14)}$$

Donde,

Q_m : Calor absorbido por la carga de maíz, [KJ].

m_m : Masa del maíz, 100 [Kg].

Cp_m : Calor específico del maíz, 1.5 [KJ/Kg°C].

T_t : Temperatura final del maíz para su tostado, 175 [°C]

T_∞ : Temperatura ambiente, 20 [°C]

Reemplazando los valores en la ecuación 3.14 se tiene:

$$Q_m = 23250 [KJ]$$

Se puede estimar el tiempo que tarda el maíz en llegar a la temperatura de tostado a partir de la ecuación 3.15

$$t_m = \frac{Q_m}{q_t} \quad \text{Ec. (3.15)}$$

Donde,

t_m : Tiempo para que el maíz llegue a la temperatura de tostado, [seg].

$$t_m = 763 \text{ seg.} = 12.7 \text{ min}$$

Tiempo en que el maíz llega a la temperatura de tostado luego de que la cámara de tueste alcanza su temperatura de calentamiento. Para calcular el tiempo total de tostado del maíz se suma el tiempo que debe permanecer el grano a esta temperatura para que llegue a tostarse adecuadamente.

De acuerdo al informe técnico anual del INIAP “Investigación y desarrollo de nuevas alternativas alimenticias para consumo humano, basadas en maíz, banano, plátano y quinua” el tiempo de tueste recomendado es de 11.min y 20 seg.²³

Por lo tanto el tiempo total de tostado es aproximadamente 24 minutos a partir del precalentamiento de la tostadora.

Ahora se calcula el flujo de calor que se pierde por los alrededores aplicando la ecuación 3.16.

$$q_{sal} = \frac{(T_1 - T_\infty)}{R_{T,1}} \quad \text{Ec. (3.16)}$$

23 Investigación y desarrollo de nuevas alternativas alimenticias para consumo humano, basadas en maíz, banano, plátano y quinua, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quito, 2003.

Donde:

q_{sal} : Calor sale a los alrededores, [W].

T_1 : Temperatura límite de la cámara de tostado, 700 [°C]

T_∞ : Temperatura ambiente, 20 [°C].

$R_{T,1}$: Resistencia térmica hacia el exterior, 1.07 $\left[\frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}\right]$

$$q_{sal} = 636 \text{ [W]}$$

La suma del calor que se necesita para obtener el tostado y el calor que sale, es la energía que deben suministrar los quemadores, considerando que el calor aprovechado representa el 80% del calor aportado, entonces:

$$(0.8) \cdot q_r = q_t + q_{sal} \quad \text{Ec. (3.17)}$$

Donde:

q_r : Calor requerido por los quemadores, [W].

Reemplazando los valores obtenidos anteriormente:

$$q_r = 39000 \text{ [W]} = 33500 \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{hora}}\right]$$

Se utilizan quemadores atmosféricos (ver anexo III) que son colocados en la parte inferior de la cámara de tueste. Debido a la geometría de la cámara de tueste se eligen cuatro quemadores distribuidos de manera uniforme que proporcionen $33500 \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{hora}}\right]$, con un ignitor y una válvula de seguridad.

Este tipo de quemadores tiene buena versatilidad para su uso, además del buen control de la temperatura. En el mercado ecuatoriano esta opción representa la mejor en vista de los rangos de temperatura de la tostadora.

3.3.2.1.5 Cálculo del aislante térmico

Considerando condiciones de estado estable y una transferencia unidimensional de calor en la dirección radial, y propiedades constantes para el aislante (ver figura 3.9)

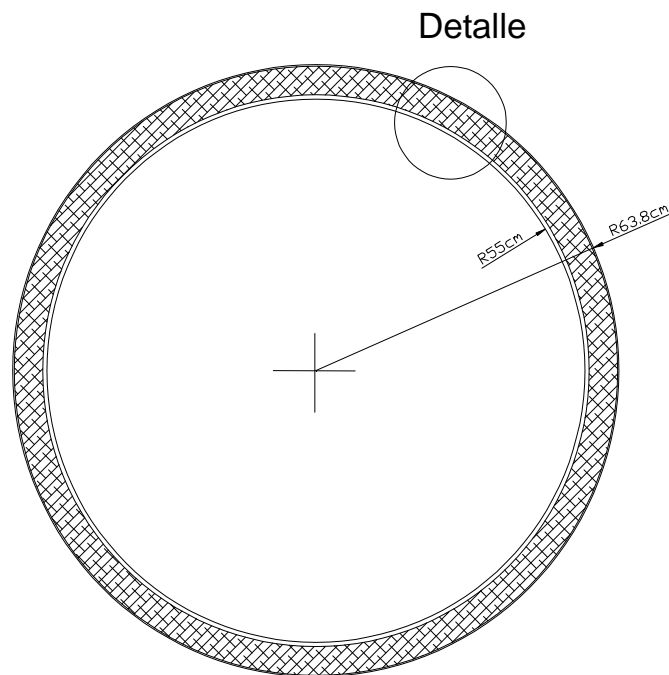


Figura 3.9 Aislante térmico

Fuente: Propia

En la figura 3.10 se detalla la geometría que tienen las capas externas de la tostadora.

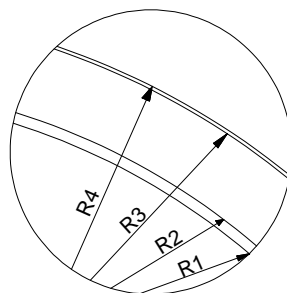


Figura 3.10 Detalle de las capas externas de la tostadora

Fuente: Propia

Donde,

R_1 : Radio interior de la lámina de acero inoxidable, [m].

R_2 : Radio exterior de la lámina de acero inoxidable, [m]

R_3 : Radio interior del tool negro

R_{4i} : Radio exterior del tool negro

En la tabla 3.15 se realiza un proceso iterativo para buscar el espesor más adecuado para el aislante.

Tabla 3.15 Resistencias Totales

Espesor del aislante	Resistencia Total	Calor	%
0.6	0,11	757,8	100,0
1	0,18	456,2	60,2
2	0,35	230,1	30,4
3	0,52	154,7	20,4
4	0,68	117,1	15,4
5	0,85	94,4	12,5
6	1,01	79,4	10,5
7	1,17	68,6	9,1
8	1,32	60,5	8,0
9	1,48	54,2	7,2
10	1,63	49,2	6,5
11	1,78	45,1	5,9
12	1,92	41,6	5,5
13	2,07	38,7	5,1
14	2,21	36,2	4,8
15	2,35	34,1	4,5
16	2,49	32,2	4,2
17	2,62	30,5	4,0
18	2,76	29,0	3,8
19	2,89	27,7	3,7
20	3,02	26,5	3,5

Fuente: Propia

Se escoge el espesor de 80 [mm] debido a que pierde el 8% de calor tomando como base 6mm de espesor.

3.3.2.2 Sistema motriz de la cámara de tostado

Consta de un motor, reductor, y sistema de poleas que acciona el eje del cilindro de la cámara de tostado.

3.3.2.2.1 Dimensionamiento del motor

Realizando el cálculo se toma en cuenta la inercia que debe vencer el motoreductor debido a que tiene que mover algunos componentes, esto se lo realiza por medio de la ecuación 3.18.

$$\sum M = \sum I \cdot \alpha \quad \text{Ec. (3.18)}$$

Donde:

M: Momento [Nm]

I: Inercia de las masas [Kg.m²]

α : Aceleración angular [rad/s²]

Inercia de la masa del maíz

El mayor esfuerzo que realiza el motor es en el momento del arranque.

Dado que el maíz ocupa el volumen de un cilindro, entonces:

$$I_z = \frac{md^2}{8} \quad \text{Ec. (3.19)}$$

Donde,

m: Masa del maíz, [Kg].

d: Diámetro de la cámara de tostado, [m].

Entonces:

$$\Rightarrow I_z = \frac{100 \cdot 1.10^2}{8}$$

$$\Rightarrow I_z = 15.125 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

De pruebas de campo previas se determina que las aspas deben girar a 10 rpm para que el maíz no presente daños por exceso de calor, si las aspas alcanzan esta velocidad en 1 seg la aceleración angular es: $\alpha = 1.04 \text{ rad/s}^2$

Realizando la sumatoria de momentos alrededor del eje en mención (figura 3.11) y aplicando la ecuación 3.18 se tiene:

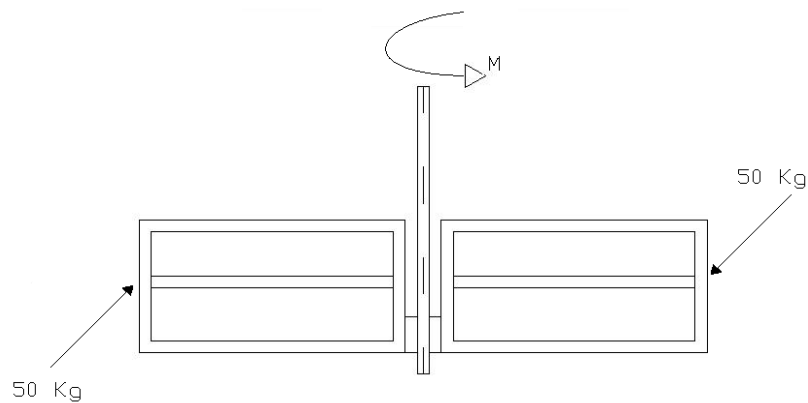


Figura 3.11 Diagrama de las aspas de la cámara de tueste.

Fuente: Propia

$$M = 554.7 \text{ Nm}$$

Utilizando la ecuación 3.20 para determinar la potencia que genera este momento

$$H = M \cdot \omega \quad \text{Ec. (3.20)}$$

Donde,

M: Momento [Nm]

ω : Velocidad angular, 1.04 [rad/s].

Por lo tanto

$$H = 577 \approx 0.77\text{hp}$$

Debido a las pérdidas de potencia que pueden existir en la transmisión por poleas se selecciona un motor de 1.5hp , con una rapidez de salida de 1720 r.p.m. , este motor brinda una mayor seguridad, además es de fácil obtención en el mercado local. (Ver anexo IV)

3.3.2.2.2 Dimensionamiento del sistema reductor de velocidad

Para dimensionar el sistema reductor de velocidad se utiliza los siguientes datos:

Potencia del motor: $H=1.5\text{ hp.}$

Velocidad de entrada: $n_1 = 1720\text{ rpm}$

Velocidad de salida: $n_2 = 10\text{ rpm}$

En base al diseño se requiere reducir la velocidad del motor de 1720 r.p.m. a 10 r.p.m. del eje del cilindro tostador.

La relación de velocidades requerida es:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1720}{10} = 172$$

Como la relación de velocidad es alta el sistema reductor debe constar de un reductor de velocidad y poleas.

Reductor de velocidad

En el mercado local se puede encontrar reductores de velocidad con una relación de $20\text{ a }1$, que son de fácil acceso (ver anexo V). Por lo tanto al utilizar este reductor la rapidez de salida es 86 rpm.

Poleas

En la figura 3.12 se indica el funcionamiento del sistema de poleas

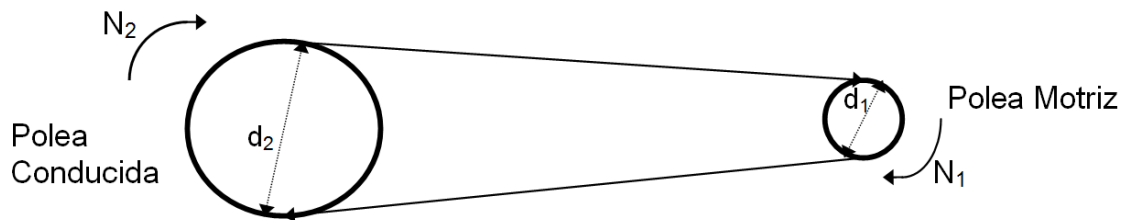


Figura 3.12 Polea del eje de transmisión.

Fuente: Propia

El diámetro mínimo debe ser de 88 mm y la banda es tipo A, con este criterio una polea motriz de 4 pulgadas cumple adecuadamente con esta especificación.

Para facilitar la limpieza de los paneles se selecciona un sistema de 2 bandas y 4 poleas con una relación de 8 a 1 para disminuir las rpm requeridas (ver tabla 3.16)

Tabla 3.16 Diámetros de las poleas.

	Diámetro (pulg.)	Relación
Polea 1	4	2:1
Polea 2	8	
Polea 3	4	4:1
Polea 4	16	

Fuente: Propia

3.3.2.2.3 Diseño del eje de transmisión del cilindro de tueste

En la figura 3.13 se muestra la geometría del eje de transmisión

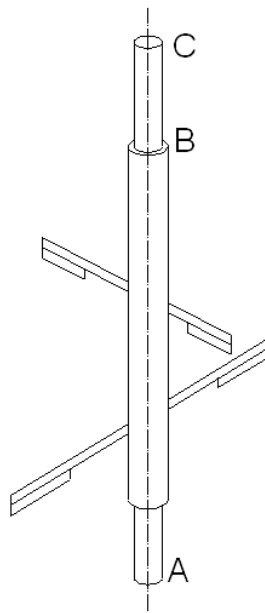


Figura 3.13 Eje de transmisión.

Fuente: Propia

Para determinar las reacciones en los apoyos del eje se realiza el diagrama de cuerpo libre del eje indicado en la figura 3.14

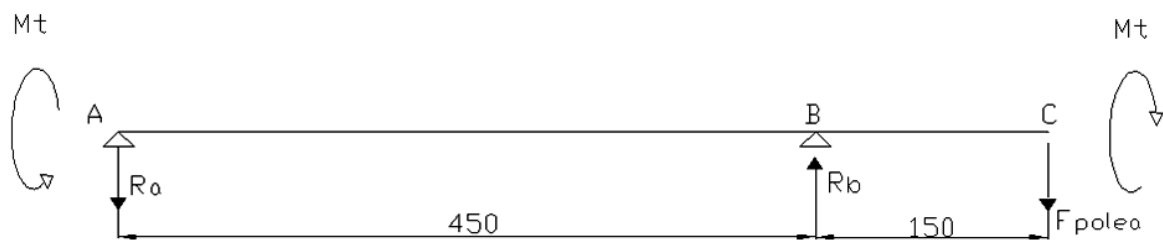


Figura 3.14 Diagrama cuerpo libre del eje de transmisión.

Fuente: Propia

Donde:

- : Carga sobre el rodamiento A, [N]
- : Carga sobre el rodamiento B, [N].
- : Momento torsor, [Nm].
- : Tensión transmitida por la polea, [N].

Debido a que la transmisión de potencia es por medio de poleas y un lado de la banda de la polea está flojo se lo desprecia, entonces, la tensión de la polea (F_{polea}) que es perpendicular al eje del cilindro está dada por la ecuación 3.21:

$$F_{polea} = \frac{M_t}{\frac{D_{p3}}{2}} \quad \text{Ec. (3.21)}$$

Donde:

F_{polea} : Tensión transmitida por la polea, [N].

M_t : Momento torsor en el eje, 554.7 [Nm]

D_{p3} : Diámetro de la polea conducido: 0.4064 [m] = 16 [pulg]

Entonces:

$$F_{polea} = 1365 [N]$$

Para encontrar las reacciones en los apoyos A y B se realiza una sumatoria de momentos en el punto A:

$$\sum M_A = 0$$

$$0.45 \cdot R_b - 0.6 \cdot F_{polea} = 0$$

$$R_b = 1820 [N]$$

De acuerdo al análisis de fuerzas en el eje la reacción en el punto A es:

$$R_a = R_b - F_{polea}$$

$$R_a = 455 [N]$$

Al analizar al eje por tramos, se encuentra la fuerza cortante:

Estos valores son utilizados para obtener el diagrama de fuerza cortante en el eje, tal como está ilustrado en la figura 3.15

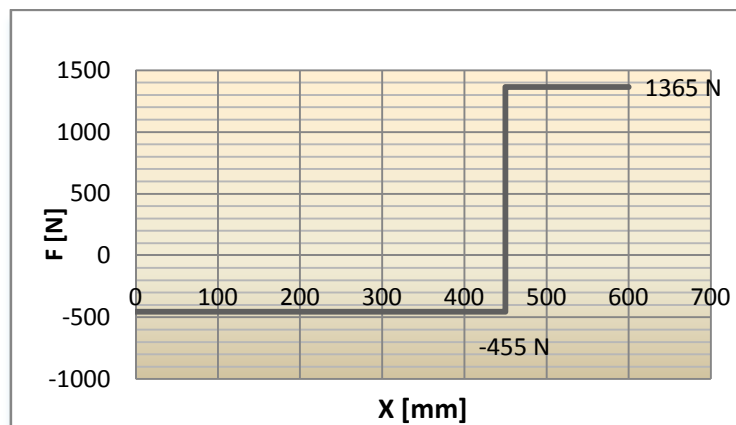


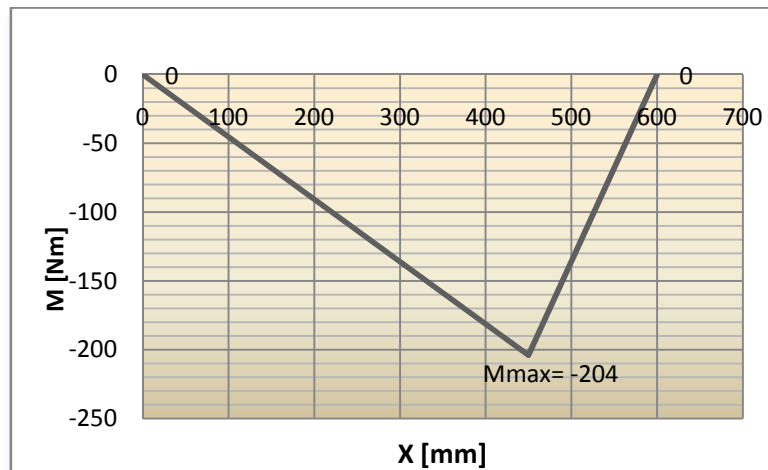
Figura 3.15 Diagrama de fuerza cortante en el eje

Fuente: Propia

El análisis del eje por tramos es utilizado para encontrar el momento flector.

Con estas ecuaciones se obtiene el diagrama de momento flector en el eje, tal como está en la figura 3.16

Figura 3.16 Diagrama momento flector en el eje



Fuente: Propia

El análisis anterior, muestra el momento flector máximo.

Seleccionando un eje hipotético para la cámara de tostado se utiliza: Acero de transmisión: AISI 1018 HR, que tiene las siguientes propiedades:

Entonces el cálculo del esfuerzo por flexión esta dado por:

Donde:

M_{max} : Momento flector máximo, 204[Nm]

d_{eje} : Diámetro del eje, 38[mm] = 0.038[m]

c : Distancia al eje neutro $d_{eje}/2$, [m]

I : Momento de Inercia, [m⁴]

Entonces:

$$I = 1.024 \times 10^{-7} [m^4]$$

$$\sigma_x = 37.87 [MPa]$$

Debido a que el eje gira, los esfuerzos principales no mantienen la misma orientación por lo que su comportamiento es sinusoidal con inversión completa, entonces.

$$\sigma_a = \sigma_x$$

$$\sigma_m = 0$$

Para encontrar el esfuerzo a torsión, se utiliza la ecuación 3.24.

$$\tau_{xy} = \frac{M_t \cdot c}{J} \quad \text{Ec. (3.24)}$$

$$J = \frac{\pi \cdot d_{eje}^4}{32} \quad \text{Ec. (3.25)}$$

Donde:

M_t : Momento torsor, 554.7 [Nm]

d_{eje} : Diámetro del eje, 38 [mm] = 0.038[m].

c : Distancia al eje neutro $d_{eje}/2$, [m]

J : Momento polar de Inercia, [m⁴].

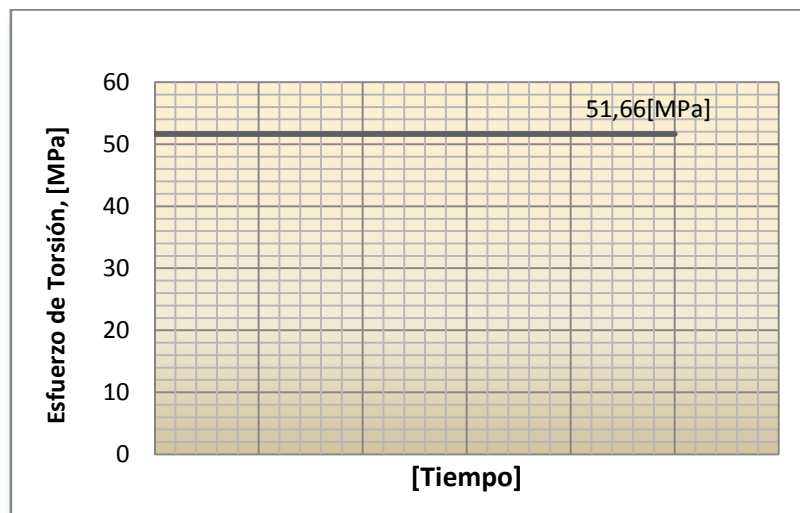
Por lo tanto:

$$J_x = 2.04 \times 10^{-7} \text{ [m}^4\text{]}$$

$$\tau_{xy} = 51.66 \text{ [MPa]}$$

Debido a que el momento torsor es constante, se obtiene la figura 3.17

Figura 3.17 Diagrama esfuerzo torsión vs. tiempo



Fuente: Propia

El esfuerzo torsional es constante en el tiempo, por lo tanto:

$$\tau_m = \tau_{xy}$$

$$\tau_a = 0$$

Para realizar el diseño del eje por resistencia a la fatiga se calcula el límite a la fatiga del eje por medio de la ecuación 3.26.

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S_e' \quad \text{Ec. (3.26)}^{24}$$

²⁴ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 307

Donde:

S_e : Límite de resistencia a la fatiga del eje.

S_e' : Límite de resistencia a la fatiga de la muestra de viga rotatoria.

k_a : Factor de superficie.

k_b : Factor de tamaño.

k_c : Factor de confiabilidad.

k_d : Factor de temperatura.

k_e : Factor de modificación por concentración de esfuerzo.

k_f : Factor de efectos diversos.

El límite de resistencia a la fatiga del eje de la cámara de tostión es:

$$S_e' = 0.5 \cdot S_{ut} \quad \text{Ec. (3.27)} \quad ^{25}$$

$$S_e' = 200[\text{MPa}]$$

Utilizando la figura 7.10 del libro de diseño de Shigley para factores de acabado superficial se obtiene:

$$k_a = 0.85 \quad ^{26}$$

Se utiliza la ecuación 3.28 para el factor de tamaño debido a que el eje está sometido a cargas de flexión y torsión.

$$k_b = 1.189 \cdot d_{eje}^{-0.097} \quad \text{Ec. (3.28)} \quad ^{27}$$

$$k_b = 0.84$$

De acuerdo a la tabla 7-7²⁸ del libro de Shigley para una confiabilidad del 99%, se tiene un factor de confiabilidad de:

²⁵ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 294

²⁶ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 308

²⁷ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 313

²⁸ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 319

$$k_c = 0.814$$

La temperatura máxima a la que trabaja el eje es de 175 [°C] por lo que el factor de temperatura es:

$$k_d = 1^{29}$$

Para considerar los efectos de concentración de esfuerzos se ocupa las siguientes fórmulas:

$$k_e = 1/k_f \quad \text{Ec. (3.29)}^{30}$$

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \quad \text{Ec. (3.30)}^{31}$$

Donde:

k_f : Factor para incrementar el esfuerzo.

q : Sensibilidad a la ranura³², 0.8.

k_t : Factor teórico de concentración de esfuerzo, según tabla A-26 del libro de diseño de Shigley³³, 1.2.

Se sustituyen los valores, se obtiene el factor por concentración de esfuerzos:

$$k_e = 0.862$$

Se calcula el límite a la resistencia por fatiga reemplazando los valores encontrados en la ecuación 3.26

$$S_e = 100.2 \text{ [MPa]}$$

²⁹ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 321

³⁰ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 322

³¹ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 322

³² Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 323

³³ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pag. 888

Como el eje trabaja con una flexión alternante y una torsión continua se emplea el método de Soderberg que utiliza la teoría de la energía de distorsión

$$n = \frac{2}{\sqrt[3]{\left(\frac{2\tau_a + 2\tau_m}{S_e} + \frac{\sigma_a + \sigma_m}{S_y}\right)^2}}$$

34

Se calcula el factor de seguridad del eje utilizando los valores calculados:

$$n = 2.81.$$

Con este valor se garantiza que el eje funciona perfectamente y no existe riesgo de falla, pero como la tostadora es un prototipo utiliza un eje de 40 mm de diámetro por facilidad de montaje y por mayor seguridad.

Con este valor Las medidas de las aspas de agitación son de acuerdo a las dimensiones del cilindro tostador tal como se muestra en la figura 3.18

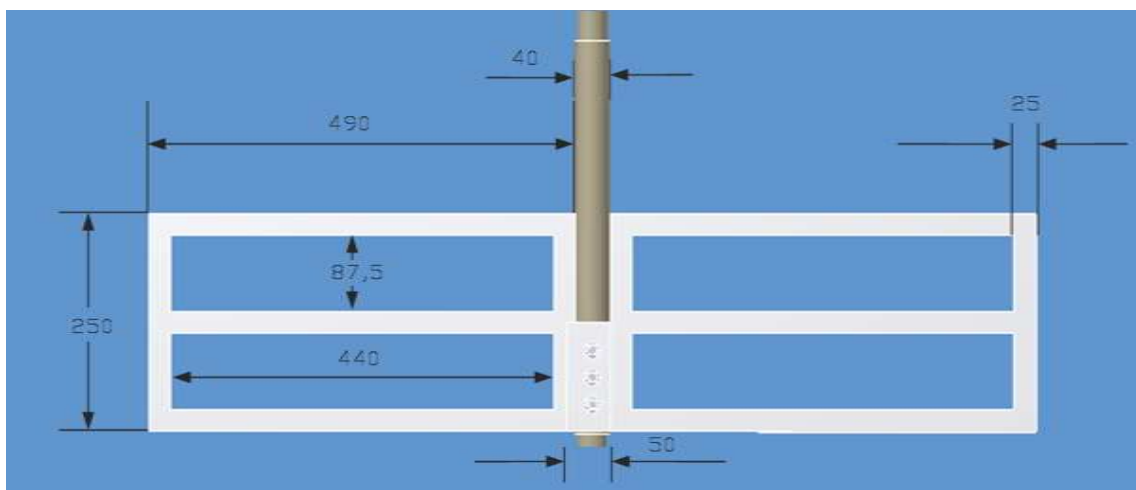


Figura 3.18 Dimensiones de las aspas de enfriamiento

Fuente: Propia

³⁴ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 6^{ta} edición, pág. 736

Para fabricar las aspas de enfriamiento se utiliza una platina de acero inoxidable AISI 304 de 4000 x 25 con un espesor de 10 mm, y para los soportes se considera una platina de acero inoxidable 304 de 250 x 50 con un espesor de 10 [mm].

3.3.2.2.4 Dimensionamiento de la lengüeta cuadrada

La lengüeta cuadrada fija la polea a su eje, para que pueda transmitir momento de torsión e impedir el movimiento axial relativo de las piezas ensambladas.

La práctica usual consiste en elegir una lengüeta cuyo tamaño sea un cuarto del diámetro del eje. Entonces se ajusta la longitud de la pieza, según la longitud del cubo de la pieza montada y la resistencia requerida.

El análisis de resistencia se realiza considerando falla por compresión o por cortante.

En la figura 3.19 está ilustrado el diagrama de cuerpo libre de la lengüeta cuadrada.

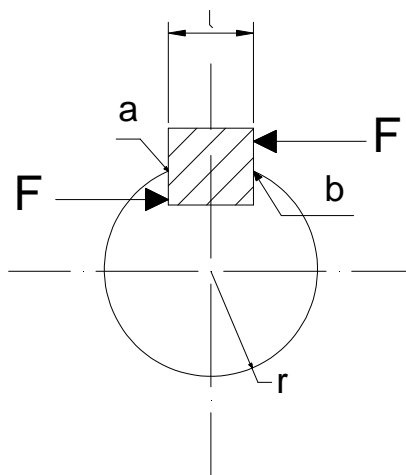


Figura 3.19 Diagrama de cuerpo libre de la lengüeta cuadrada

Fuente: Propia

De acuerdo a la figura 3.19, la fuerza F en la superficie del eje es:

$$F_c = \frac{M_t}{r} \quad \text{Ec. (3.31)}$$

Donde:

F_c : Fuerza cortante, [N].

M_t : Momento torsor del eje, 554.7 [Nm].

r : Radio del eje, 17.5 [mm] = 0.0175 [m]

Al reemplazar estos datos en la ecuación 3.31.

$$F_c = 31697[\text{N}]$$

Se escoge una lengüeta cuadrada de 10mm x 8mm usando como material acero UNS G10200 estirado en frio cuya resistencia a la fatiga es de $S_y=448.8$ [MPa].

Por la energía de distorsión, la resistencia al esfuerzo cortante es:

$$S_{sy} = 0.577S_y$$

$$S_{sy} = 259 [\text{MPa}]$$

Para el análisis de falla por corte, la longitud de la lengüeta cuadrada se calcula mediante la ecuación 3.32.

$$\frac{S_{sy}}{n} = \frac{F_c}{t \cdot l} \quad \text{Ec. (3.32)}$$

Donde:

F_c : Fuerza cortante, 31697[N].

S_{sy} : Resistencia al esfuerzo cortante, 259[MPa]

t : Ancho de la lengüeta cuadrada, 8 [mm] = 8×10^{-3} [m]

l : Longitud de la lengüeta, [m]

Al reemplazar los datos en la ecuación 3.32 se encuentra la longitud mínima de la lengüeta cuadrada

$$l = 31 \text{ mm}$$

Para el análisis de resistencia al aplastamiento, la longitud mínima de la lengüeta cuadrada se calcula mediante la ecuación 3.33.

$$\frac{s_y}{n} = \frac{F_c}{t \cdot l/2} \quad \text{Ec. (3.33)}$$

Al reemplazar los datos se obtiene

$$l = 36 \text{ mm}$$

Según el análisis la longitud de la lengüeta es 31 mm pero de acuerdo a la norma S/DIN-6885/1 es recomendado que por seguridad la lengüeta tenga una longitud 1.5 veces el diámetro, por lo que la longitud es de 55 mm.

3.3.2.2.5 Selección de rodamientos

Dada la baja velocidad de giro del eje, es recomendable considerar que los rodamientos sólo absorben cargas radiales y no axiales, ya que son mínimas, por lo tanto la capacidad de carga estática es un factor importante para su selección.

El método de carga estática, es utilizado para el dimensionamiento de los rodamientos. Por facilidad de montaje, características y costo, se selecciona rodamientos rígidos de bolas.

Los rodamientos rígidos de bolas cargados estáticamente están calculados mediante la ecuación 3.34.

$$P_o = F_r \quad \text{para } \frac{F_a}{F_r} \leq 0.8 \quad \text{Ec. (3.34)}^{35}$$

$$P_o = 0.6F_r + 0.5F_a \quad \text{para } \frac{F_a}{F_r} > 0.8 \quad \text{Ec. (3.35)}^{36}$$

Donde:

P_o : Carga estática equivalente, [N]

F_r : Carga radial, [N]

F_a : Carga axial, [N]

Asumiendo que la carga axial es despreciable, la fuerza que interviene en la selección del rodamiento, es la carga radial producida por la reacción de la fuerza de la polea en el eje.

$$F_r = F_{polea} = 1365 \text{ [N]}$$

Reemplazando los datos en la ecuación 3.35 da como resultado la carga estática equivalente.

$$P_o = 1365 \text{ [N]}$$

Se selecciona la chumacera milimétrica de brida con cuatro tornillos VF4S 35mm, la cual posee una capacidad de carga estática de $C_o=15500$ [N] (ver anexo VI), esta chumacera posee rodamientos YAR 207-2F.

El factor de seguridad de esfuerzos estáticos para rodamientos es:

$$f_s = \frac{C_o}{P_o} \quad \text{Ec. (3.36)}^{37}$$

³⁵ Rodamientos de bolas y de rodillos, FAG, pág. 9

³⁶ Rodamientos de bolas y de rodillos, FAG, Pag 9

³⁷ Rodamientos de bolas y de rodillos, FAG, Pag 250

Se compara este factor de seguridad con los recomendados en el manual de rodamientos FAG, el cual indica que para rodamientos con requerimientos elevados debe tener un factor de seguridad igual a 2.5, entonces el rodamiento seleccionado cumple su función satisfactoriamente.

3.3.2.3 Estructura soporte de la Tostadora

3.3.2.3.1 Dimensionamiento de pernos

Para dimensionar los pernos se toma como ejemplo ilustrativo los que sujetan el cilindro de tueste con los perfiles de la estructura de soporte (ver figura 3.20).

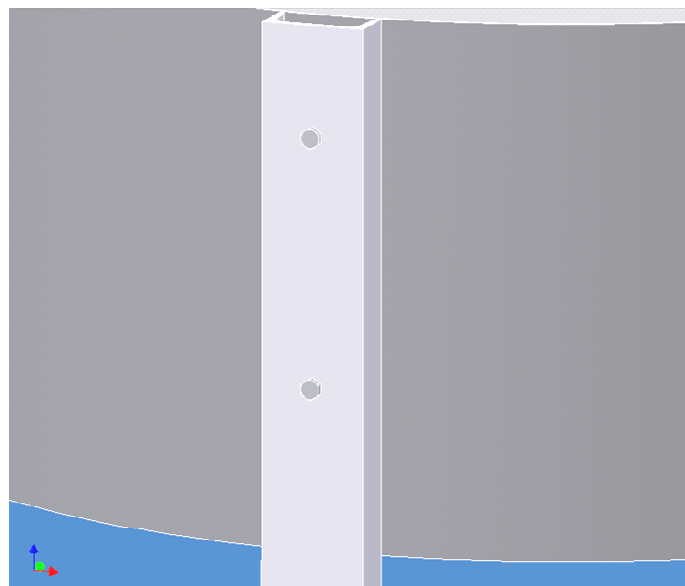
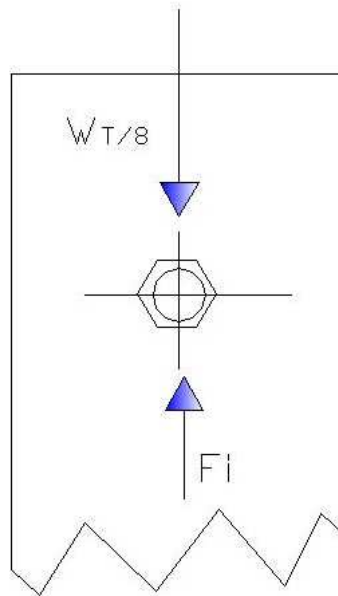


Figura 3.20 Junta del cilindro de tueste con perfil

Fuente: Propia

Los pernos que se analizan soportan esfuerzo cortante producido por el peso de los sistemas de la tostadora de maíz y el maíz, en la figura 3.21 está indicado el diagrama de cuerpo libre de la estructura.

Figura 3.21 Diagrama de cuerpo libre del perfil de la estructura



Fuente: Propia

La carga que soportan los pernos es:

$$W_T = W_c + W_m + W_e \quad \text{Ec. (3.37)}$$

Donde:

W_T : Carga total sobre los pernos, [Kg]

W_c : Peso del cilindro, 110 [Kg]

W_m : Peso del maíz, 100 [Kg]

W_e : Peso del eje, tolva y del sistema de transmisión, 20 [Kg]

Entonces, W_T es igual a:

$$W_T = 230 \text{ [Kg]}$$

Para esta junta se selecciona un perno M12 x 1.75 con grado métrico 4.6 el mismo que debe soportar la carga asignada. Entonces las propiedades son las siguientes:

S_p : Resistencia a la prueba, 33 [kpsi]

S_{ut} : Resistencia a la tensión, 60 [kpsi]

S_y : Resistencia a la fluencia, 36 [kpsi]

d_p : Diámetro nominal del perno, 12 [mm]

A_r : Área al diámetro menor del perno, 76.3 [mm²]

Asumiendo que 8 pernos van a soportar la carga, entonces la fuerza para cada perno es:

$$F_i = \frac{W_T}{8}$$

$$F_i = 35 [Kg]$$

Para la falla por cortante puro en el perno, su esfuerzo está dado por:

$$\tau = \frac{F_i}{A_r} \quad \text{Ec. (3.38)}$$

$$\tau = 0.46 \left[\frac{Kg}{mm^2} \right] = 0.65 [Kpsi]$$

El factor de seguridad es:

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

Donde S_{sy} es la resistencia de fluencia al cortante, $0.5S_y$.

$$n = \frac{0.5 \cdot S_y}{\tau}$$

$$n = 27.6$$

Para la falla por aplastamiento del material que el esfuerzo en el perno es:

$$\sigma_{ap} = \frac{F_i}{t \cdot d_p} \quad \text{Ec. (3.39)}^{38}$$

Donde:

σ_{ap} : Esfuerzo de aplastamiento, $\left[\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}\right]$

F_i : Carga sobre cada perno, 35 [Kg]

t : Espesor de la placa más delgada, 2 [mm]

d_p : Diámetro nominal del perno, 12 [mm]

$$\sigma_{ap} = 1.548 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}\right] = 2.1[\text{Kpsi}]$$

Entonces el factor de seguridad es:

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = 17$$

Con este resultado se verifica que el perno seleccionado resiste la aplicación dada.

3.3.2.3.2 Estructura metálica

La selección o dimensionamiento de los perfiles para la elaboración de la estructura metálica de la tostadora de maíz están basados en los esfuerzos a los que está sometido.

Las propiedades del perfil UPN 100x50x6 mm son los que satisface los requerimientos debido a esfuerzos mecánicos a los que está sometido.

³⁸ Diseño en ingeniería mecánica, Shigley J., 4^{ta} edición, pág. 416

El dimensionamiento de la estructura responde a los requerimientos de seguridad, estabilidad, maniobrabilidad y estética de la tostadora de maíz. Para que se pueda mover la tostadora la estructura soporte no requiere fijación al suelo.

Una vez terminado el diseño se procede a realizar los respectivos planos de Taller y de Montaje, los mismos que se muestran en el anexo IX

3.4 CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO

3.4.1 GENERALIDADES

Para llevar a cabo la construcción de la tostadora de maíz se recomienda tomar en cuenta ciertos aspectos que debe cumplir el lugar donde se realiza la construcción.

El Taller mecánico industrial debe contar con todo los equipos necesarios para la construcción de cada uno de los elementos que conforman la misma. Se debe tener en cuenta que el taller cuente con la facilidad de obtener la materia prima y los elementos que conforman la tostadora de una manera rápida. El recurso humano para la construcción de la tostadora debe estar capacitado para seguir las indicaciones que se establece en los planos de taller.

3.4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

La prueba de la buena aplicación de los criterios de diseño, la buena selección de las alternativas y los materiales a utilizarse se la hace mediante la construcción de la tostadora de maíz consiguiendo así un resultado tangible.

El proyecto se divide en tres sistemas los cuales son:

- Sistema de tostado del maíz.
- Sistema motriz de la cámara de tostado.
- Estructura soporte de la tostadora.

3.4.2.1 Máquinas y herramientas

Para la construcción de los distintos sistemas de la tostadora de maíz es necesaria la utilización de distintos tipos de herramientas, máquinas herramientas e instrumentos de medición que se muestran en la tabla 3.17, donde se designa a cada uno un código para facilitar la comprensión de los flujos de construcción de cada sistema que constituye la tostadora de maíz.

Tabla 3.17 Tipos y designaciones de máquinas herramientas y equipos

CÓDIGO	HERRAMIENTA	TIPO
H	Sierra de arco	HERRAMIENTA
	Brocas	
	Esmeril	
	Limas	
	Machuelos	
	Llaves	
	Prensas	
I	Calibrador (Pie de rey)	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
	Escuadra	
	Flexómetro	
	Regla metálica	
	TORNO	
M1	FRESADORA	MÁQUINA HERRAMIENTA
M2	TALADRO DE BANCO	
M3	ESMERIL	
M4	AMOLADORA	
M5	RECTIFICADORA	
M6	DOBLADORA	
M7	BAROLADORA	
M8	EQUIPO DE SUELDA ELECTRICA	
E1	EQUIPO DE PINTURA	

Fuente: Propia

En la tabla 3.18 se indican los tipos de operaciones o procesos tecnológicos para la construcción de la tostadora de maíz.

Tabla 3.18 Tipos de operaciones a utilizarse

NÚMERO	OPERACIÓN
1	Corte de Material
2	Barolado
3	Amolado y/o Esmerilado
4	Soldado
5	Doblado
6	Taladrado
7	Torneado
8	Machuelado
9	Fresado

Fuente: Propia

En la tabla 3.19 se muestra la materia prima a utilizarse para la construcción de la tostadora de maíz.

Tabla 3.19 Listado de materia prima a utilizarse

MATERIAL	DIMENSIONES (mm)
Perfiles UPN 100 ASTM 36	4000x100x50x6
Plancha acero Inoxidable AISI 304	2440x1220x4
Tool laminado Frío ASTM 36	2440x1220x2
Eje acero SAE 1018	Ø38,1x4160
Platina de Acero Inox. AISI 304.	4000x25x10
Platina de Acero Inox. AISI 304.	250x40x10

Fuente: Propia

3.4.2.2 Elementos a construir.

En la tabla 3.20 se indica los elementos a construirse en los distintos sistemas que constituyen la tostadora de maíz.

Tabla 3.20 listado de elementos a construir.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Estructura soporte para la cámara de tueste
1	Cámara de tostado
1	Pared cilíndrica
1	Tapa superior
1	Tapa base
1	Compuerta
1	Tolva
1	Eje principal
1	Aspas de agitación
1	Cubierta de las poleas

Fuente: Propia

3.4.2.3 Etapas de construcción del prototipo

El proceso de construcción de cualquiera de los elementos que constituyen el prototipo cumple con la siguiente secuencia:



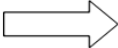

- Adquisición de la materia prima.
- Trazar sobre la materia prima.
- Ejecutar los procesos tecnológicos de acuerdo a lo establecido en la hoja de procesos
- Eliminar las virutas de los procesos tecnológicos realizados.

- Verificar las dimensiones, perpendicularidad, paralelismo y estabilidad.

3.4.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN

Los flujogramas de flujo de construcción indican la secuencia de la fabricación del sistema para lo cual es necesario utilizar una simbología que se ilustra en la tabla 3.21.

Tabla 3.21 Simbología utilizada en el diagrama de flujo

SIMBOLO	DEFINICIÓN
	OPERACIÓN
	INSPECCIÓN
	TRAZADO
	TERMINADO DEL PROCESO

Fuente: Propia

En las figuras: 3.22, 3.23, 3.24, 3.25 se indican los procesos tecnológicos necesarios para la construcción de cada uno de los sistemas de la máquina. Las dimensiones y notas constructivas se encuentran detalladas en los planos.

El tiempo estimado para la construcción de los sistemas esta dado en horas; sin considerar tiempos empleados en la compra y transporte de la materia prima utilizados en los distintos elementos.

3.4.3.1 Sistema cámara de tueste

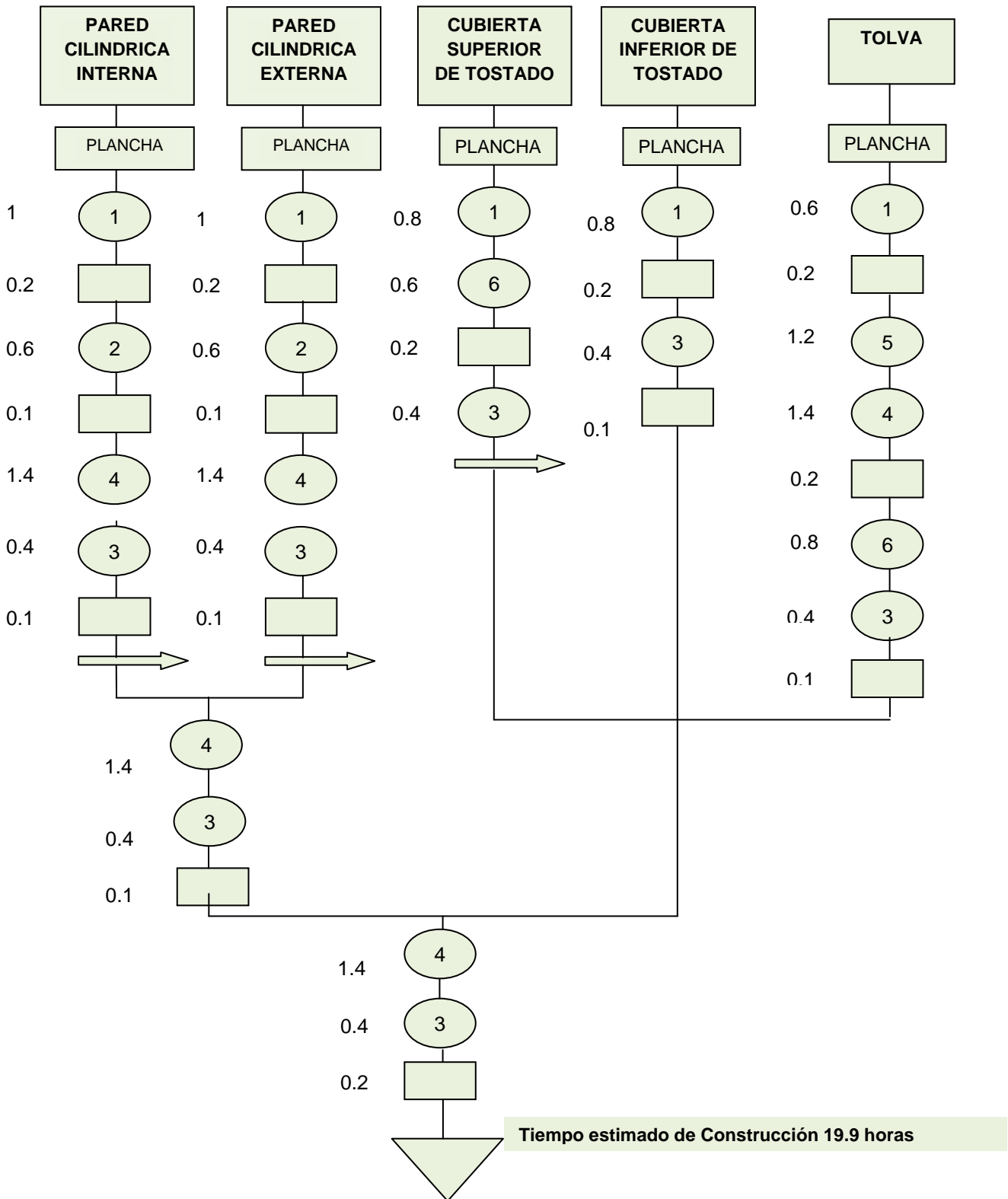


Figura 3.22 Diagrama de flujo del sistema cámara de tueste

3.4.3.2 Sistema motriz

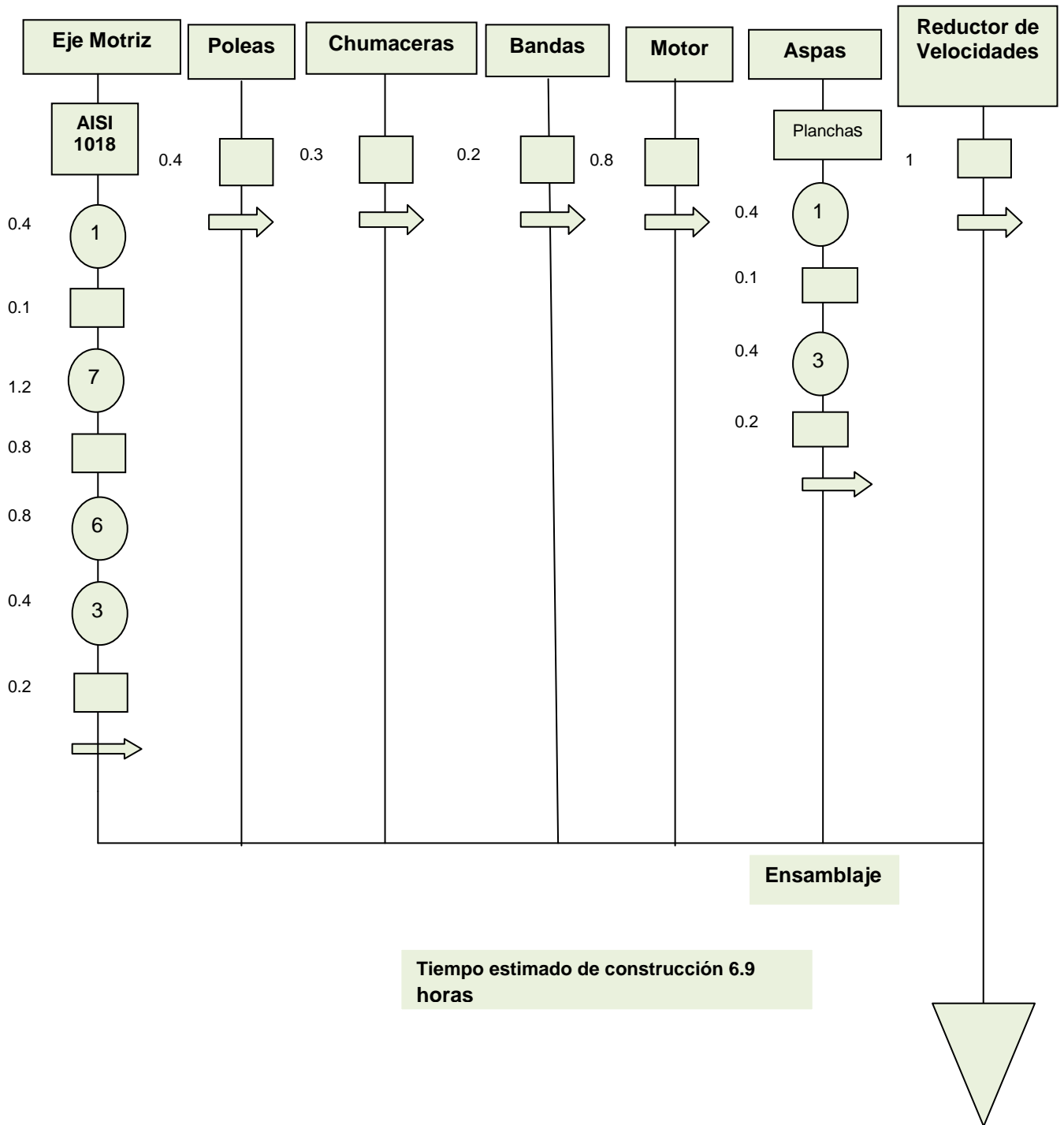


Figura 3.23 Diagrama de flujo del sistema motriz

3.4.3.3 Sistema de distribución de GLP

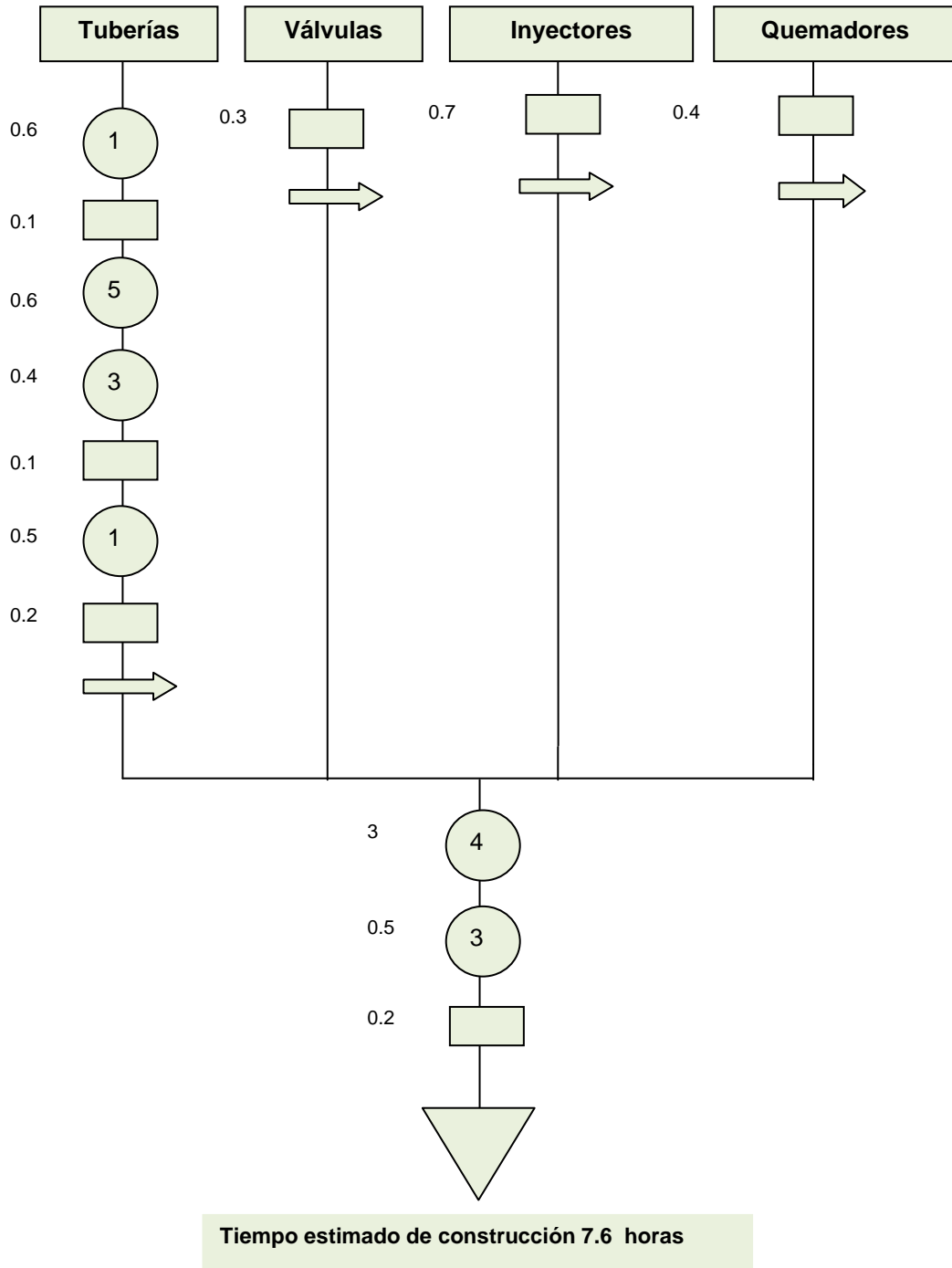


Figura 3.24 Diagrama de flujo del sistema de distribución de GLP

3.4.3.4 Sistema estructural

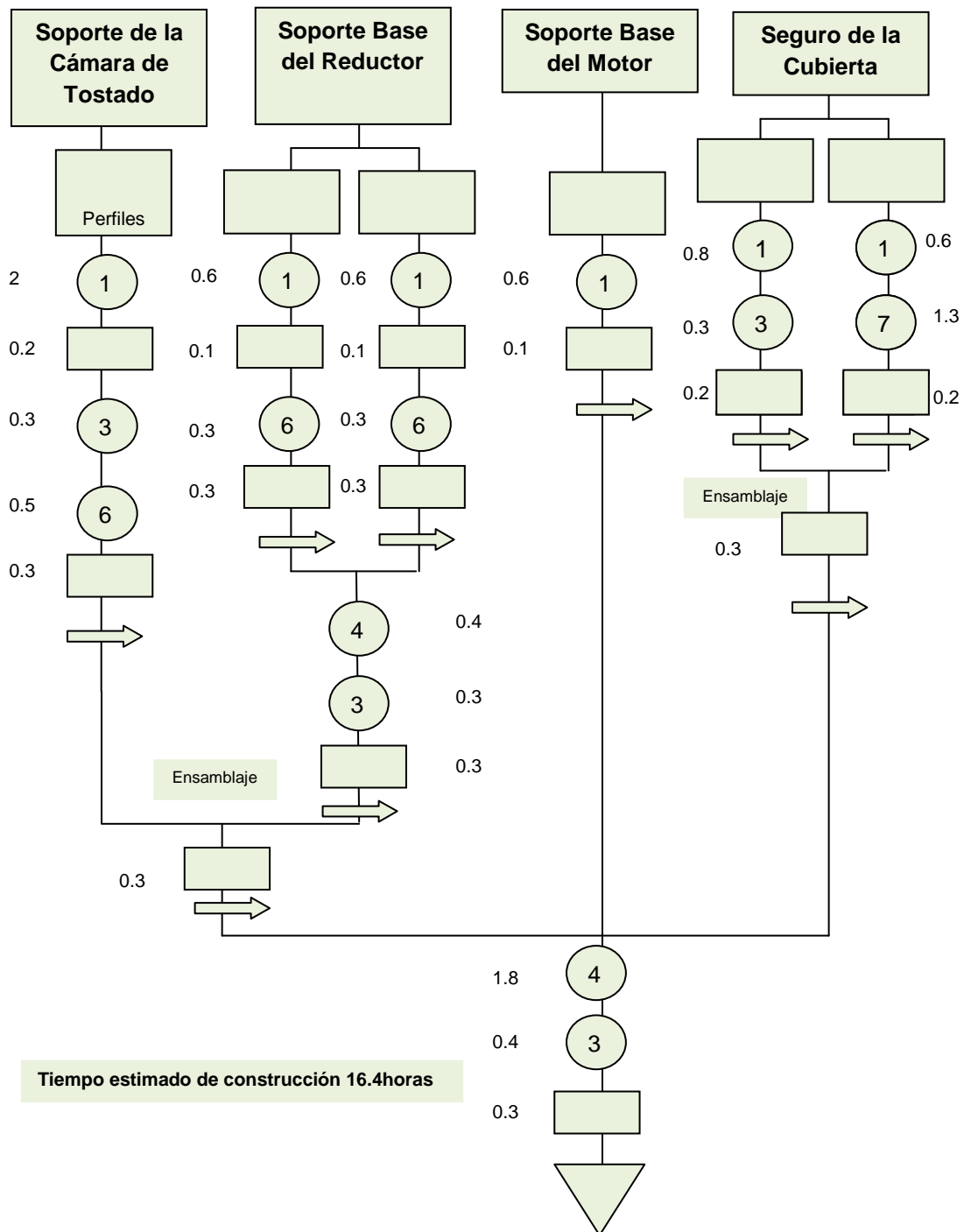


Figura 3.25 Diagrama de flujo del sistema estructural

Desde la figura 3.26 hasta la figura 3.30, se muestran la construcción de algunos elementos de la tostadora.



Figura 3.26 Corte de las placas metálicas



Figura 3.27 Corte de los perfiles del soporte de la tostadora



Figura 3.28 Corte del eje motriz de la cámara de tostado

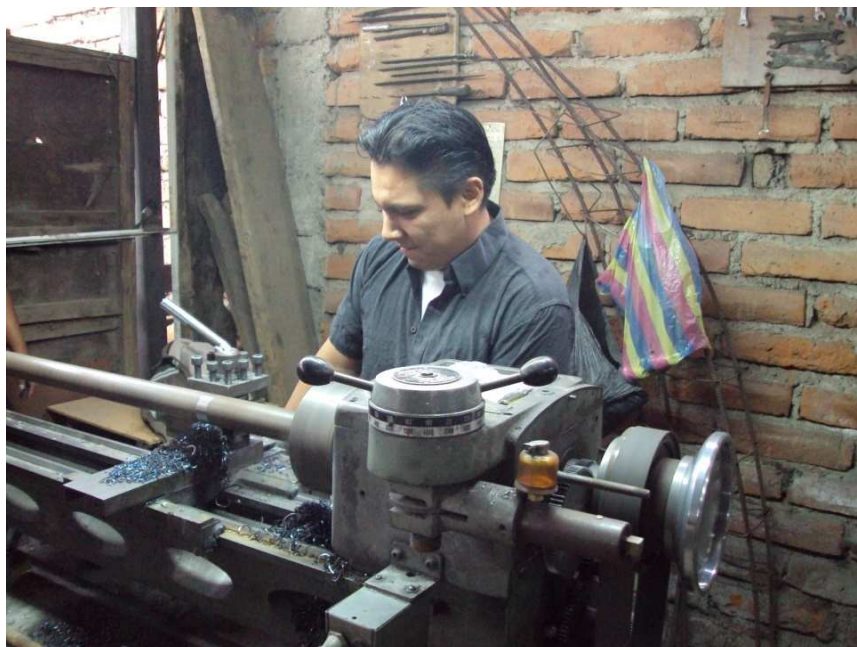


Figura 3.29 Torneado del eje



Figura 3.30 Soldadura de la tolva.

3.4.4 MONTAJE

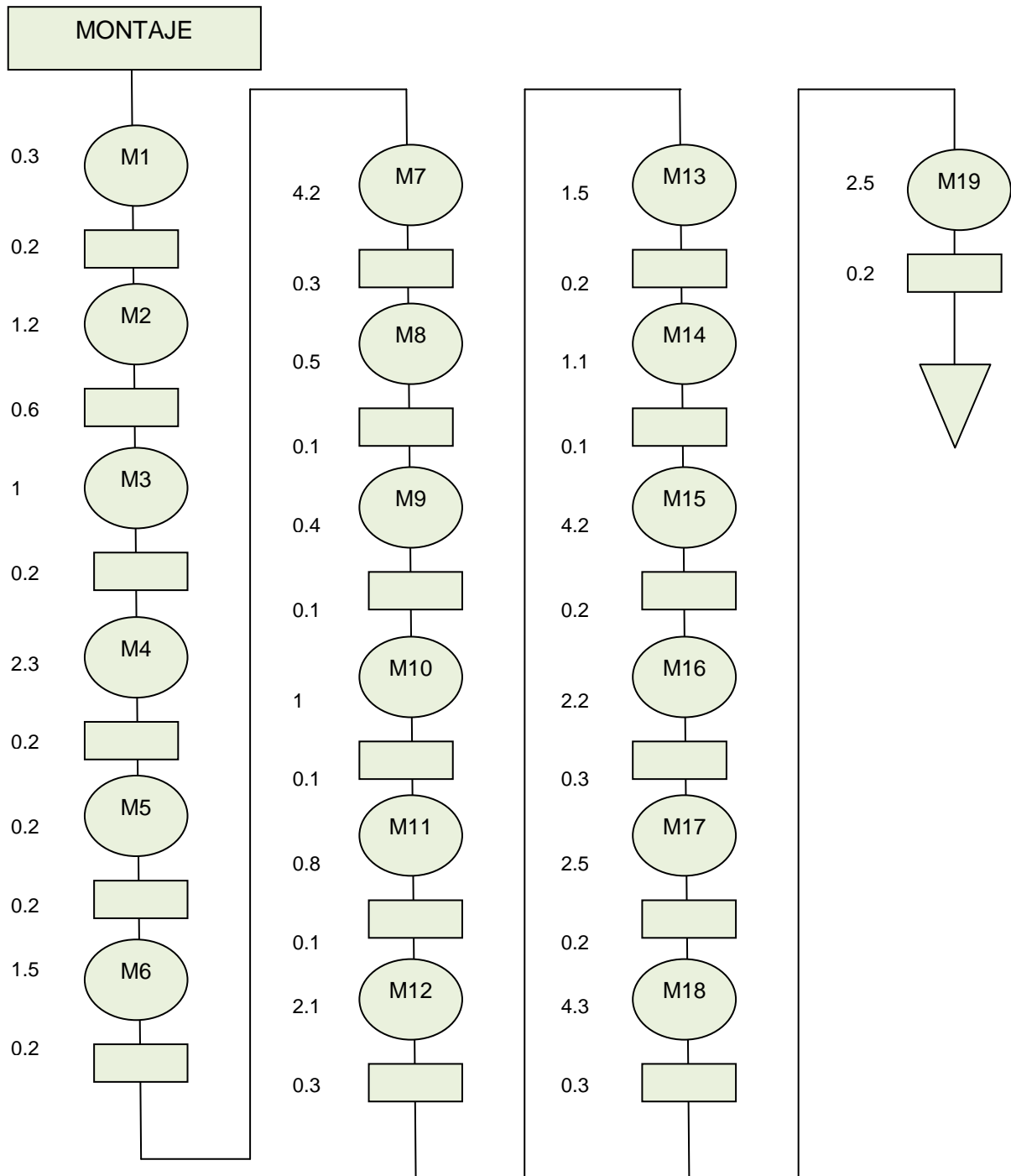
Luego de culminar los diagramas de proceso de los distintos sistemas que constituyen la tostadora de maíz, se procede al montaje (ver figura 3.31) de los distintos sistemas que la constituyen, es necesaria la utilización de códigos, los cuales representan actividades específicas que se mencionan en la tabla 3.22.

Tabla 3.22 Actividades de montaje

CODIGO	ACTIVIDADES
M1	Preparación de la cámara
M2	Instalación de la tolva en la cubierta superior de cámara de tostado
M3	Instalación de la polea en la cubierta superior
M4	Instalación de las chumaceras en la cubierta superior e inferior
M5	Instalación del eje en la cámara de tostado
M6	Instalación de las paletas en eje de la cámara de tostado
M7	Instalación de la cámara de tostado en el sistema de soporte
M8	Instalación del soporte del motor reductor en la estructura de soporte
M9	Instalación del soporte del motor en la estructura de soporte
M10	Instalación de motor en la estructura de soporte
M11	Instalación de motor reductor en la estructura de soporte
M12	Instalación de la poleas
M13	Instalación de las bandas de transmisión de movimiento
M14	Instalación del seguro de la tapa en la estructura de soporte
M15	Instalación del cilindro de combustión
M16	Instalación de las chimeneas en la cámara de tostado
M17	Instalación de los quemadores en la cámara de tostado
M18	Instalación del sistema de distribución de GLP.
M19	Pintura de la máquina

Fuente: Propia

3.4.4.1 Diagrama de flujo del montaje



Tiempo estimado de montaje 37.9 horas

Figura 3.31. Diagrama de flujo de Montaje

Desde la figura 3.32 hasta la figura 3.36 se muestra el montaje de algunos elementos de la tostadora.



Figura 3.32 Montaje del perfil soporte



Figura 3.33 Montaje de la tolva



Figura 3.34. Montaje de poleas



Figura 3.35 Montaje de la tapa de la polea



Figura 3.36 Tostadora de maíz

3.4.5 PRUEBAS DE CAMPO

Luego de realizar las pruebas de campo, se tiene una serie de resultados que están mencionados en la tabla 3.23

Tabla 3.23 Resultados de las pruebas realizadas en la tostadora de maíz.

PRUEBA	RESULTADO REQUERIDO		RESULTADO OBTENIDO	
Dimensiones Básicas	Peso	120 Kg	Peso	130 Kg
	Ancho Total	1370 mm	Ancho Total	1370 mm
	Altura Total	1350 mm	Altura Total	1350 mm
	Diámetro de la cámara de tostado	1100 mm	Diámetro de la cámara de tostado	1100 mm
	Profundidad de la cámara de tostado	450 mm	Profundidad de la cámara de tostado	445 mm
Velocidad Angular del Eje	10 rpm		11 rpm	
Temperatura de Tueste	Temperatura (°C)	175	Temperatura (°C)	175
	Tiempo (min)	12,7	Tiempo (min)	15min
Tiempo de Tueste	Cantidad (Kg)	100Kg	Cantidad (Kg)	100Kg
	Tiempo(min)	38.4	Tiempo(min)	40

En las figuras 3.37 y 3.38 están fotografías de la realización de las pruebas de campo, y en la Figura 3.39 se muestra la visita de inspección en campo del Director del proyecto



Figura 3.37 Verificación de dimensiones



Figura 3.38 Medición de la temperatura



Figura 3.39 Visita de inspección en campo del Director del proyecto
Recinto Jujan, Provincia de Los Ríos

3.4.5.1 Análisis de resultados

Se encuentra que existe una pequeña variación entre los resultados requeridos con los obtenidos; ya que los márgenes de error son mínimos, no afectan el desempeño de la tostadora de maíz.

Uno de los ítems que tienen un margen de error mínimo es el de la velocidad angular del eje, esto se produce a diversos factores tales como: la inercia a vencer, el deslizamiento de las bandas en la polea, la vibración y fricción de sus componentes.

El tiempo en que la máquina llega a la temperatura adecuada del tostado es otro de los ítems que poseen un mínimo error, al igual que el anterior no afecta al desempeño de la máquina de tostado, su variación depende de varios factores tales como: condiciones del viento, presión de GLP, temperatura ambiente y el aislamiento térmico de la cámara de tostado, lo que influye en el tiempo para que la máquina alcance su condición ideal del tueste.

CAPITULO 4.

ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos, tiene por objetivo determinar el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, para esto es necesario describir los costos directos y costos indirectos, ya que de la suma de estos rubros resulta el costo final de la máquina tostadora de maíz.

4.1 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

Los rubros a tomar en cuenta.

- Materiales directos
- Elementos normalizados
- Costos de maquinado
- Costos de montaje

4.1.1 COSTO DE MATERIALES DIRECTOS

Es la materia prima que se utiliza para construir los elementos que conforman la máquina a diseñar. En la tabla 4.1 esta detallado los materiales ocupados, la cantidad y el costo de cada uno de estos.

Tabla 4.1 Costo de materiales directos

MATERIAL	DIMENSIONES (mm)	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Perfiles UPN 100 ASTM 36	4000x100x50x6	1	73,50	73,50
Plancha acero Inox. AISI 304	2440x1220x4	1	327,00	327,00
Tool laminado Frío ASTM 36	2440x1220x2	2	162,00	324,00
Eje acero SAE 1018	Ø38,1x4160	1	18.60	18.60
Platina de acero Inox. AISI 304.	4000x25x10	1	70.60	70.60
Platina de acero Inox. AISI 304.	250x40x10	1	8,0	8,0
			Subtotal	821,70

Fuente: IDMACON/ ACEROSCENTER

4.1.2 COSTO DE ELEMENTOS TERMINADOS

Son aquellos elementos que están de libre comercialización en el mercado y sin alteración alguna para su uso.

Los costos de los elementos normalizados se indican en la tabla 4.2

Tabla 4.2 Costo de elementos terminados

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Perno M12x1,5x75	11	0,12	1,32
Perno M12x1,5x50	8	0,1	0,80
Perno M12x1,5x30	10	0,08	0,80
Tuerca M12x1,5	27	0,04	1,08
Motor monofásico, 1720 rpm, 1 ½ HP	1	175	175
Reductor de velocidad 20 a 1	1	75	75
Polea 4 pulgadas	2	4	8
Polea 8 pulgadas	1	8	8
Polea 16pulgadas	1	16	16
Chumacera con rodamiento FY35TF	2	23,50	47
Lana de vidrio	2	8,5	17
Lengüeta 3/8"x3/8"x1,25"	1	11,50	11,50
Quemadores	4	20	80
Válvula de entrada de gas	3	4,6	13,8
Tubo de GLP 1/2	2	1,9	3,80
Válvula de bola de latón	2	5,7	11,2
Boquilla larga 1/2x75	2	1,95	3,9
Adaptador rosca hembra 3/4x3/4	1	1,8	1,8
Adaptador rosca 1/2x1/2	2	1,1	2,2
Electro válvula de seguridad	1	44,7	44,7
Termostato	1	10	10
Contactador	1	16,7	16,7
Ignitor	1	34,6	34,6
Fusible térmico	1	8,7	8,7
Cable 16	1	1,6	1,6
Pulsador on/off	1	5,70	5,70
Luz piloto	1	3,35	3,35
Subtotal			603,55

Fuente: CASA DEL RODAMIENTO/ ACEROSCENTER

4.1.3 COSTOS DE MAQUINADO

Para cada máquina y equipo utilizado en la construcción, el costo establecido incluye el costo del operario para la misma. El tiempo para cada operación es el determinado en el capítulo anterior. En la tabla 4.3 se detalla cada operación realizada, el tiempo y su costo.

Tabla 4.3 Costo de maquinado

OPERACIÓN	TIEMPO TOTAL [h]	COSTO (USD/h)	COSTO TOTAL (USD)
Corte de material	10,8	5,00	54
Barolado	1,2	22,00	26,4
Esmerilado	5,8	5,00	29
Soldado	12,2	9,00	109,8
Doblado	0,6	7,50	4,5
Taladrado	2,8	7,00	19,6
Torneado	2,5	11,40	28,50
Machuelado	2,0	7,00	14,00
Subtotal			285,8

Fuente: Taller de máquinas herramientas

4.1.4 COSTOS DE MONTAJE

Estos costos están relacionados con la mano de obra necesaria para el armado y ensamblado de cada una de las partes y la máquina.

Para el montaje, se considera el trabajo de 2 personas durante 2 días a un costo de \$20 diarios/trabajador. Este resultado se muestra en la tabla 4.4

Tabla 4.4 Costo de montaje

HORAS DE TRABAJO	COSTO HORA[USD]	COSTO TOTAL [USD]
37,9	2,5	94,75
Subtotal		94,75

4.1.5 COSTO DIRECTO TOTAL

En la tabla 4.5 se indica la cantidad total del costo directo.

Tabla 4.5 Costo directo total

COMPONENTE DEL COSTO	COSTO TOTAL [USD]
Materiales directos	821,7
Elementos directos	603,55
Costo de maquinado	285,8
Costo de montaje	94,75
Subtotal	1805,8

4.2 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos se analizan de manera similar a los costos directos.

- Costos de materiales indirectos
- Costos de diseño
- Gastos indirectos

4.2.1 COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS

En la tabla 4.6 se detalla los materiales ocupados, la cantidad y el costo de cada uno de estos.

Tabla 4.6 Costo de materiales indirectos

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Electrodo 6011 (kg)	5	3,60	18,00
Electrodo 3082 (kg)	2	20,69	41,38
Lija para hierro	4	0,50	2
Pintura anticorrosiva (l)	2	4	8
Thiñer(l)	1	1,50	3
Guaype	5	0,25	1,25
Varios		5	5
		Subtotal	78,63

Fuente: Comercializadoras de Quito

4.2.2 COSTOS DE DISEÑO

Corresponde al costo que los ingenieros dedican para el diseño de la máquina, uno de los métodos más usados para estimar el costo de diseño es el que se basa en el porcentaje del costo de la máquina una vez construida.

Este porcentaje depende del grado de dificultad tanto del diseño como de construcción que tiene la máquina. Generalmente este porcentaje se estima un 20%.

4.2.3 GASTOS INDIRECTOS

Se relaciona con los costos de movilización de las personas y transporte de materiales. El costo estimado es de 100 dólares.

4.2.4 COSTO TOTAL INDIRECTO

En la tabla 4.7 se indica la cantidad total del costo indirecto.

Tabla 4.7 Costo total indirecto

COMPONENTE DEL COSTO	VALOR [USD]
Materiales Indirectos	78,63
Costos de diseño	395,19
Gastos indirectos	100
Subtotal	573,82

4.3 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA

Es el resultado de la suma de los subtotales de los costos directos con los costos indirectos, esto se indica en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Costo final de la máquina

DESCRIPCIÓN	VALOR [USD]
Costos directos	1805,8
Costos indirectos	573,82
TOTAL	2379,62

El costo total obtenido para la máquina tostadora de maíz como se puede ver en la tabla 4.8 es accesible para los pequeños y medianos productores agrícolas.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Este proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico es un aporte sustancial al desarrollo tecnológico del país específicamente en el campo de la agricultura ya que, con su inclusión a la industria, tecnifica el proceso de tostado de maíz, aumentando la eficiencia, disminuyendo los costos operativos de esta actividad sin dejar de lado la eficacia de dicho proceso.
- En base a los resultados obtenidos en las pruebas de campo, se llega a la conclusión que la máquina tiene un margen de error mínimo en las pruebas de campo que no influye en el resultado final, verificando así, que el proyecto de titulación cumple con todo los requerimientos técnicos previamente establecidos.
- Debido a que en el diseño de la máquina se toma en cuenta la facilidad de construcción, materiales de fácil acceso y de gran oferta en el mercado nacional y procesos de construcción de fácil ejecución, la construcción de la misma resulta sencilla y con gran accesibilidad para la pequeña y mediana industria.
- La tostadora de maíz es versátil ya que se puede utilizar tanto como secadora y posteriormente tostadora y además se puede aplicar para otros tipos de granos que tengan propiedades similares a la del maíz tales como el café, cebada etc.
- La tostadora de maíz posee cualidades de gran importancia que le permiten una gran participación en el mercado nacional y con una buena capacidad de

competitividad ante las otras secadoras existentes en el mercado de origen extranjero.

- La elaboración de este proyecto ayuda a la recuperación de la confianza de los productores, comercializadores y industriales en la generación de tecnología nacional abriendo de esta manera camino para gente emprendedora y capaz en el futuro.

- El desarrollo de este proyecto ayudó a sus integrantes a mejorar los criterios de diseño, construcción y montaje etc., adquiridos en la Facultad de Ingeniería Mecánica, para utilizar estas habilidades y aplicarlas directamente en la industria.

5.2 RECOMENDACIONES

- La máquina debe tener un mantenimiento preventivo y correctivo para lograr una buena funcionalidad y cumplir satisfactoriamente su tiempo de vida útil.
- Para tener un buen funcionamiento, la máquina debe tener un precalentamiento previo a su utilización.
- Debido a que la máquina utiliza GLP como combustible, la máquina debe ser instalada en lugar amplio y ventilado para así evitar riesgos de trabajo provocado por gases tóxicos
- Para garantizar un buen tostado y obtener todas las características establecidas de la tostadora se recomienda utilizar los materiales utilizados en el diseño de la misma.
- En la etapa de construcción de los elementos que constituyen la tostadora de maíz se debe cumplir con las especificaciones como tolerancias para llevar a cabo un proceso de ensamblaje eficaz.
- Al estar la máquina en contacto directo con alimentos se recomienda utilizar pintura anticorrosiva para evitar la contaminación de los alimentos.
- Se espera que este proyecto sea el incentivo para los demás estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la elaboración de proyectos tecnológicos que ayuden al desarrollo del país.

BIBLIOGRAFÍA

- BOHLER. Manual de Aceros.
- CARLES RIBA Diseño Concurrente,
- DIPAC; Catálogo de Perfiles Estructurales
- FAG Rodamientos de bolas y de rodillos
- INCROPERA F; Fundamentos de Transferencia de Calor; Prentice Hall, Cuarta Edición, México; 1999.
- INIAP, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Investigación y desarrollo de nuevas alternativas alimenticias para consumo humano, basadas en maíz, banano, plátano y quinua, 2003.
- INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.
- MAG, Ministerio de Agricultura y ganadería identificación de mercados y tecnología para productos agrícolas tradicionales de exportación, Quito, 2001.
- MARKS; Manual del Ingeniería Mecánica; Tomo I y Tomo II; Editorial Mc Graw Hill; México; 1990.
- SHIGLEY, J; Diseño en Ingeniería Mecánica; Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición; México; 1989.
- SHIGLEY, J; Diseño en Ingeniería Mecánica; Editorial Mc Graw Hill, Sexta Edición; México; 2002.
- VARGAS J.; Guía de los Fundamentos del Dibujo Industrial; 2004.

CONSULTAS WEB

www.fastonline.org/.../T0395E/ES/T0395S02.HTM

<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/X0028S/X0028S01.htm>

www.sica.gov.ec

<http://www.maderservicios.com.ar/htm/maiz.htm>

<http://classifieds.agriscape.com/ad/154955/es/>

<http://www.rel-uita.org/agricultura/ambiente/rapal-uruguay-maiz.htm>

ANEXOS

ANEXO I: ELEMENTOS PARA EL ESTUDIO DE MERCADO.

MODELO DE ENCUESTA

INSTRUCCIONES:

Marque con una x la respuesta de su preferencia.

Por favor trate de contestar lo más honestamente posible.

Nombre.....

1. ¿Cuenta Usted con cultivos de maíz?

SI NO

2. ¿Cómo denominaría usted su capacidad de producción de maíz?

Pequeña Mediana Grande

3. ¿Cómo clasificaría usted la rentabilidad de sus cultivos de maíz?

- Mala
- Buena
- Excelente

4. ¿Procesa usted sus propios cultivos de maíz?

SI NO

5. ¿En qué estado comercializa su producción?

- Grano Húmedo
- Grano Secado
- Grano Tostado

6. ¿Está dispuesto invertir en una maquinaria que mejore su rentabilidad de su cosecha?

SI NO

7. ¿Qué maquinaria usted adquiriría para mejorar su rentabilidad?

- Secadora de maíz
- Tostadora de maíz
- Secadora y tostadora de maíz

Otros: _____

8. ¿Qué considera usted más importante en una máquina?

- Precio
- Capacidad
- Facilidad de manejo

9. ¿Cuál es la capacidad mínima requerida para la máquina?

- 50 kg/hora
- 100 kg/hora
- 200 kg/hora

Otra capacidad: _____

Resultados de las encuestas

Los resultados de 30 encuestas se indican desde la figura A.1 hasta la figura A.9:

Pregunta 1

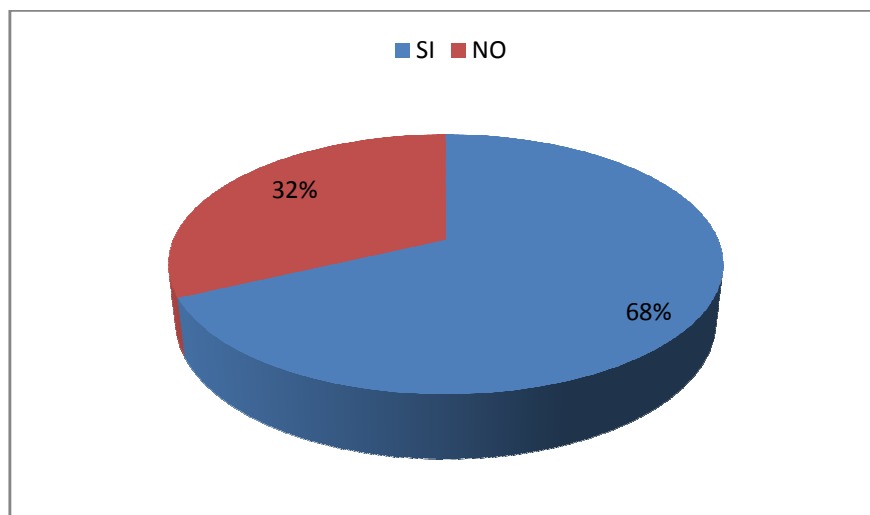


Figura A.1: ¿Cuenta usted con cultivos de maíz?

Fuente: Propia

Según la encuesta el 68% de los encuestados cuentan con cultivos de maíz y un 32% de los encuestados no cuentan con cultivos de este tipo, esto indica que en el país el cultivo de maíz tiene una gran participación.

Pregunta 2

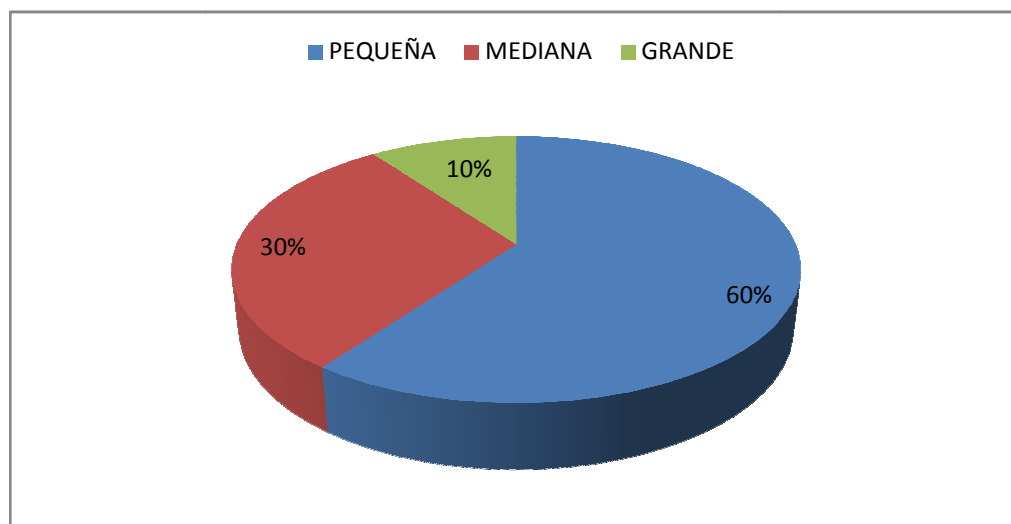


Figura A.2: ¿Cómo denominaría usted su capacidad de producción de maíz?

Fuente: Propia

De la muestra de 30 personas un 60% contestaron que su capacidad es pequeña esto se debe a que la mayoría de los productores no tienen una formación técnica y no reciben asesoramiento técnico por parte del gobierno. Lo que da como resultado una baja rentabilidad en sus cosechas, el 30% contestaron que su producción es mediana y el 10% que su producción es grande estos resultados muestran que la tanto el pequeño y el mediano productor son los que acaparan el mayor porcentaje de producción de maíz.

Pregunta 3

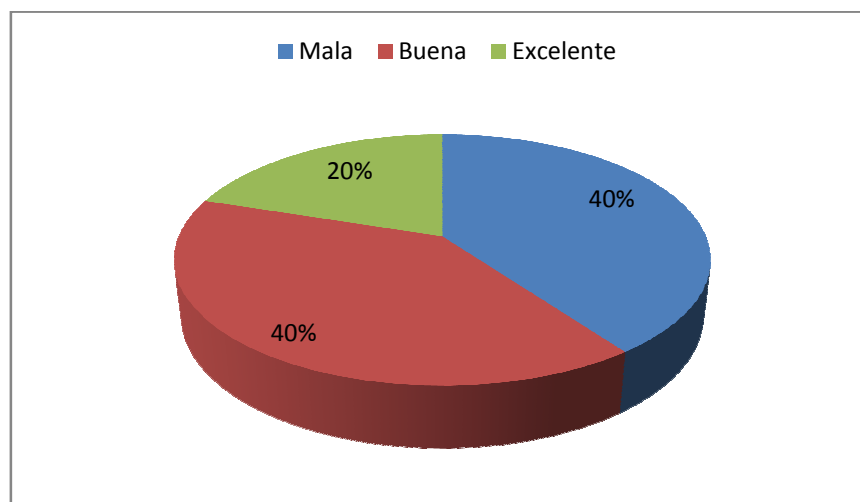


Figura A.3: ¿Cómo clasificaría usted la rentabilidad de sus cultivos de maíz?

Fuente: Propia

Esta pregunta da como resultado, que un gran porcentaje considera que no están satisfechos con su rentabilidad, esto se debe a la falta de acceso a la información y equipos que ayude a mejorar sus cosechas.

Pregunta 4

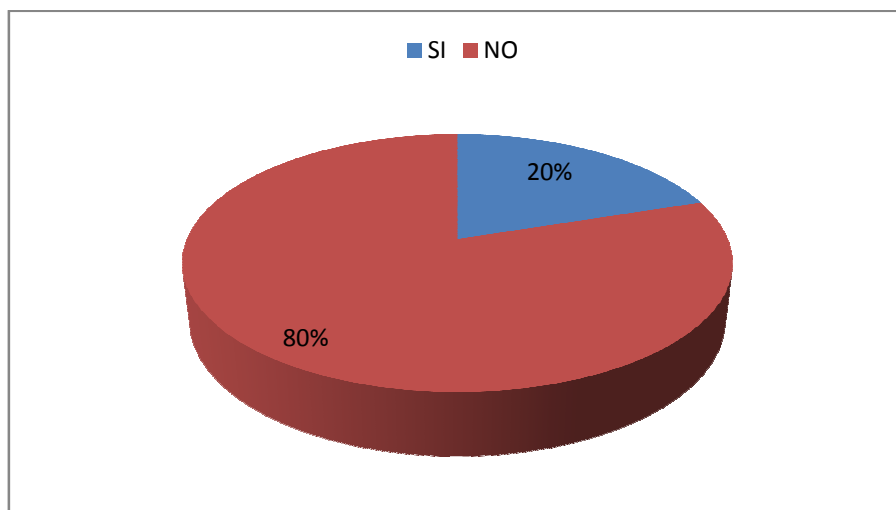


Figura A.4: ¿Procesa usted sus propios cultivos de maíz?

Fuente: Propia

El resultado indica que la mayoría de los productores no procesan sus cultivos debido a que la mayoría son pequeños productores y no tienen acceso a maquinarias que les ayuden a procesar sus propios cultivos, por lo tanto se concluye que la mayoría de la cosecha son vendidas a intermediarios o comerciantes a bajos costos por tal razón no se obtiene una buena rentabilidad.

Pregunta 5

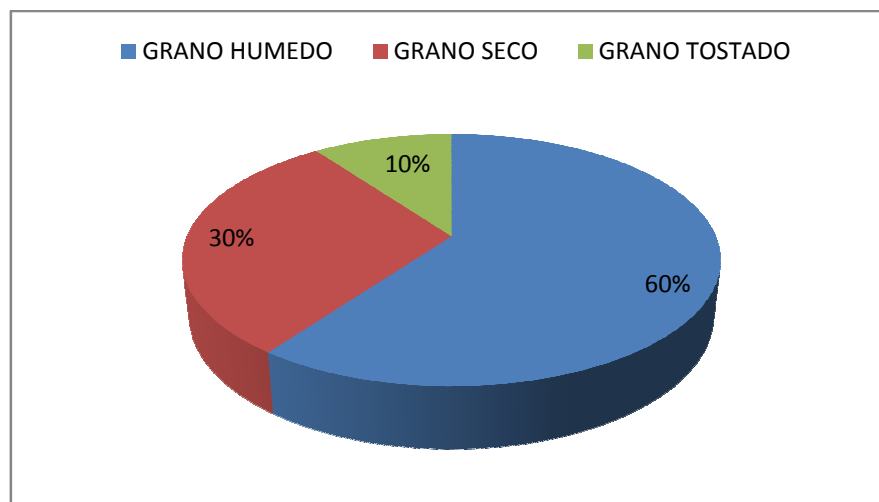


Figura A.5: ¿En qué estado comercializa su producción?

Fuente: Propia

En base al resultado de la pregunta, un 60% comercializa su producto con un alto índice de humedad y por ende a un costo bajo, esto se debe a que la mayor producción de maíz viene del pequeño productor, el cual no tiene el mecanismo para secar o tostar el maíz para aumentar sus ganancias. Un 30% y 10% comercializa sus granos en estado seco y tostado respectivamente lo que indica la falta de maquinaria para procesar el grano en el pequeño y mediano productor.

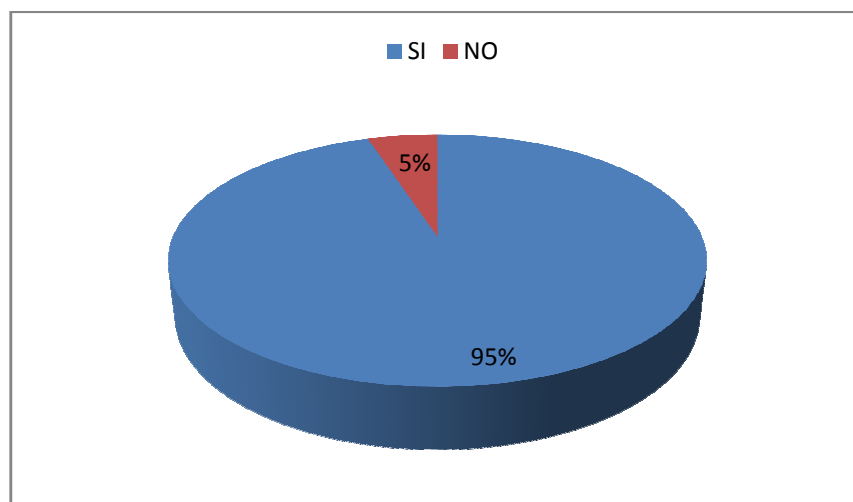
Pregunta 6

Figura A.6: ¿Está dispuesto invertir en una maquinaria que mejore su rentabilidad de su cosecha?

Fuente: Propia

Un gran porcentaje indican que están dispuestos, a invertir en una máquina que facilite y ayude a tener una mejor rentabilidad en sus cosechas.

Pregunta 7

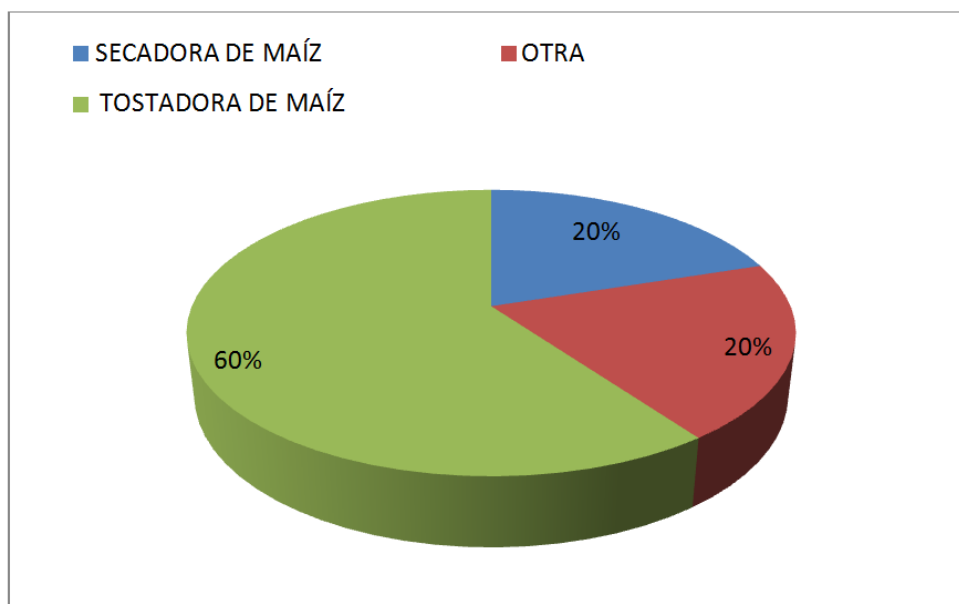


Figura A.7: ¿Qué maquinaria usted adquiriría para mejorar su rentabilidad?

Fuente: Propia

El gráfico ilustrado indica que un 60% de los encuestados prefiere una máquina tostadora de maíz

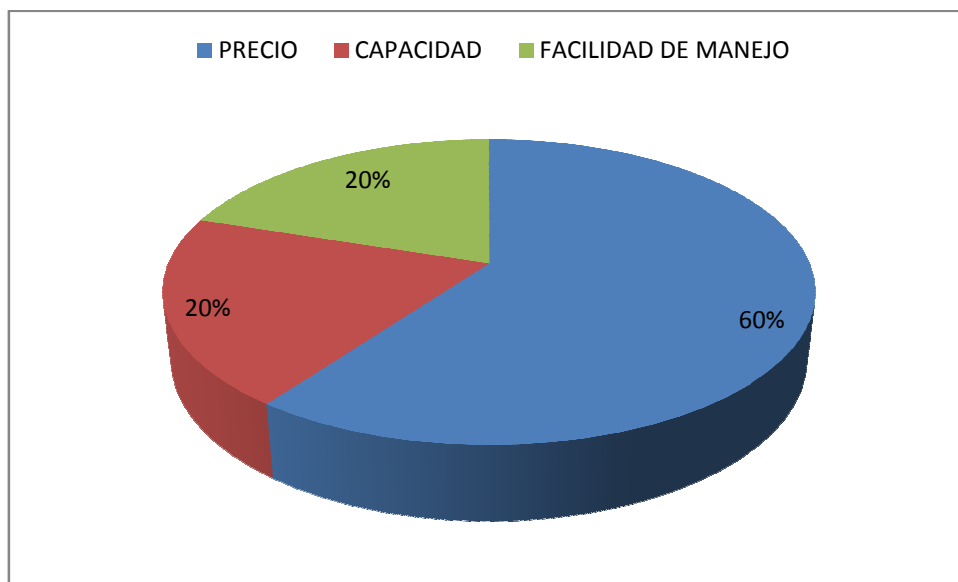
Pregunta 8

Figura A.8: ¿Qué considera usted más importante en una máquina?

Fuente: Propia

Ya que la mayoría de los encuestados son pequeños productores, el aspecto más importante es el precio seguido de la facilidad de manejo y la capacidad

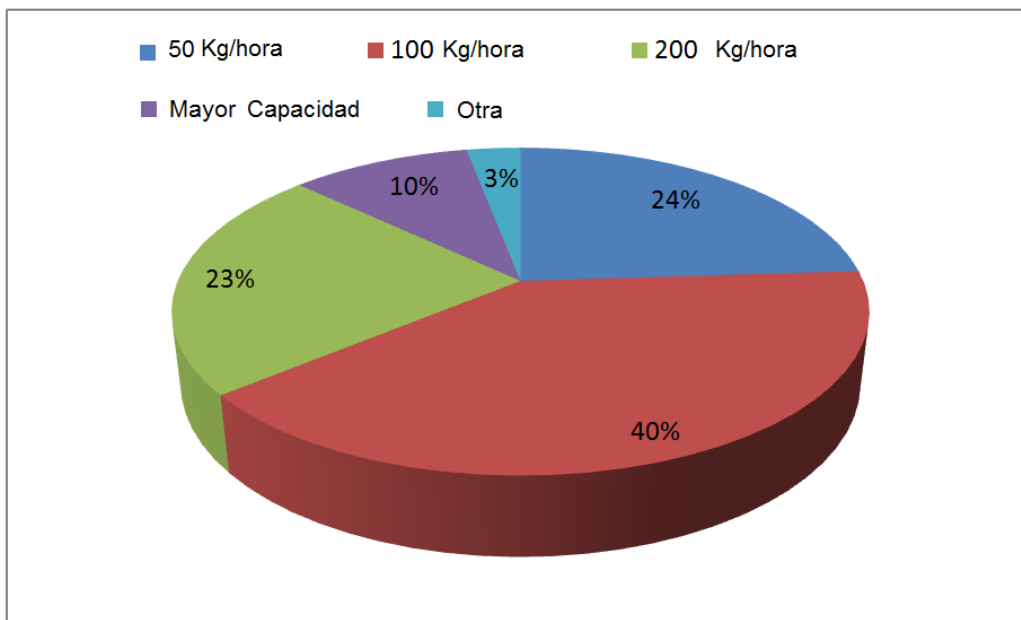
Pregunta 9

Figura A.9: ¿Cuál es la capacidad mínima requerida para la máquina?

Fuente: Propia

Los encuestados respondieron, que la capacidad más adecuada es 100 Kg por hora esto se debe, a que la parte más representativa de la producción son los pequeños y medianos productores

SERIE HISTÓRICA DE IMPORTACIONES DE MÁQUINAS SECADORAS DE GRANOS

Esta tabla incluye importaciones de equipos de hornos de panadería, hornos para cerámicas, hornos de tune, esterilizadores de frutas y otras máquinas, en todo caso, de acuerdo a los permisos de importación conseguidas por el Banco Central del Ecuador en el periodo de 2005-2009, se tiene que la partida arancelaria anotada arrojan una cifra de compra externa en promedio anual de aproximadamente 46 unidades, 16.4 toneladas correspondiente a un valor FOB promedio de 378843 millones de dólares.

AÑO	UNIDADES	Kg	FOB	CIF
2005	37	97600	325152	368493
2006	15	49964	203205	221734
2007	19	36321	208691	227693
2008	122	165288	685777	759252
2009	38	94218	471388	506326

Fuente: BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

ANEXO II: TABLA DE MERMAS DEL MAÍZ

MERMA DEL MAIZ

% HUMEDAD	%MERMA	% HUMEDAD	%MERMA	% HUMEDAD	% MERMA
14,6	1,27	18,1	5,32	21,6	9,36
14,7	1,39	18,2	5,43	21,7	9,48
14,8	1,50	18,3	5,55	21,8	9,60
14,9	1,62	18,4	5,66	21,9	9,71
15,0	1,73	18,5	5,78	22,0	9,83
15,1	1,85	18,6	5,90	22,1	9,94
15,2	1,97	18,7	6,01	22,2	10,06
15,3	2,08	18,8	6,13	22,3	10,17
15,4	2,20	18,9	6,24	22,4	10,29
15,5	2,31	19,0	6,36	22,5	10,40
15,6	2,43	19,1	6,47	22,6	10,52
15,7	2,54	19,2	6,59	22,7	10,64
15,8	2,66	19,3	6,71	22,8	10,75
15,9	2,77	19,4	6,82	22,9	10,87
16,0	2,89	19,5	6,94	23,0	10,98
16,1	3,01	19,6	7,05	23,1	11,10
16,2	3,12	19,7	7,17	23,2	11,21
16,3	3,24	19,8	7,28	23,3	11,33
16,4	3,35	19,9	7,40	23,4	11,45
16,5	3,47	20,0	7,51	23,5	11,56
16,6	3,58	20,1	7,63	23,6	11,68
16,7	3,70	20,2	7,75	23,7	11,79
16,8	3,82	20,3	7,86	23,8	11,91
16,9	3,93	20,4	7,98	23,9	12,02
17,0	4,05	20,5	8,09	24,0	12,14
17,1	4,16	20,6	8,21	24,1	12,25
17,2	4,28	20,7	8,32	24,2	12,37
17,3	4,39	20,8	8,44	24,3	12,49
17,4	4,51	20,9	8,55	24,4	12,60
17,5	4,62	21,0	8,67	24,5	12,72
17,6	4,74	21,1	8,79	24,6	12,83
17,7	4,86	21,2	8,90	24,7	12,95
17,8	4,97	21,3	9,02	24,8	13,06
17,9	5,09	21,4	9,13	24,9	13,18
18,0	5,20	21,5	9,25	25,0	13,29

MERMA POR MANIPULEO: ADICIONAR 0.25 %

ANEXO III: QUEMADORES

QUEMADORES ATMOSFÉRICOS

GD

CÓDIGO	PRECIO €	DESCRIPCIÓN	Ø BOCA	LONG. mm	ALTURA mm	V. S.	PILOTO
--------	----------	-------------	--------	----------	-----------	-------	--------

QUEMADORES DE BAJA PRESIÓN

00QA010000	41,38	QUEMADOR 8200 Kcal/h R.413/1-GLP	175	580	190	NO	NO
00QA011000	79,85	QUEMADOR 8200 Kcal/h R.413/2-GLP	175	580	190	SI	NO
00QA012000	98,95	QUEMADOR 8200 Kcal/h R.413/3-GLP	175	580	190	SI	SI
00QA013000	60,95	QUEMADOR 7800 Kcal/h R.413/1-CN	175	580	190	NO	NO
00QA014000	84,95	QUEMADOR 7800 Kcal/h R.413/2-CN	175	580	190	SI	NO
00QA015000	103,55	QUEMADOR 7800 Kcal/h R.413/3-CN	175	580	190	SI	SI
00QA039000	45,20	QUEMADOR 8200 Kcal/h R.416/1-GLP	180	540	170	NO	NO
00QA039200	87,45	QUEMADOR 8200 Kcal/h R.416/2-GLP	180	540	170	SI	NO
00QA039300	107,70	QUEMADOR 8200 Kcal/h R.416/3-GLP	180	540	170	SI	SI
00QA039400	66,35	QUEMADOR 7800 Kcal/h R.416/1-CN	180	540	170	NO	NO
00QA039500	92,85	QUEMADOR 7800 Kcal/h R.416/2-CN	180	540	170	SI	NO
00QA039600	113,15	QUEMADOR 7800 Kcal/h R.416/3-CN	180	540	170	SI	SI



REF. 413



REF. 416

PLANCHA

00QA000100	56,75	PLANCHA FUNDICIÓN DOBLE USO 400x400 mm.
00QA000200	151,00	PLANCHA FUNDICIÓN LISA 400x640 mm.
00QA000300	151,00	PLANCHA FUNDICIÓN RANURADA 400x640 mm.



PILOTOS

00QA050000	8,30	MICROPILOTO 2 VÍAS
00QA051000	8,30	MICROPILOTO 3 VÍAS
VV00225000	7,57	QUEMADOR PILOTO M8
VV00007900	15,71	MECHERO M10 GAS NATURAL
VV00008000	15,71	MECHERO M10 GAS BUTANO



QUEMADORES DE ALTA PRESIÓN

00QA020000	173,00	QUEMADOR 20000 Kcal/h R.411/4	150	630	150	SI	SI
00QA020100	146,00	QUEMADOR 20000 Kcal/h R.411/4 SV	150	630	150	NO	NO
00QA021000	185,00	QUEMADOR 30000 Kcal/h R.411/6	150	630	150	SI	SI
00QA021100	164,00	QUEMADOR 30000 Kcal/h R.411/6 SV	150	630	150	NO	NO
00QA022000	204,00	QUEMADOR 40000 Kcal/h R.411/8	150	630	150	SI	SI
00QA022100	177,00	QUEMADOR 40000 Kcal/h R.411/8 SV	150	630	150	NO	NO
00QA023000	183,00	QUEMADOR 50000 Kcal/h R.440	50	520	140	SI	SI
00QA025000	231,00	QUEMADOR 100000 Kcal/h R.441	70	690	170	SI	SI
00QA027000	370,00	QUEMADOR 200000 Kcal/h R.442	82	710	170	SI	SI
00QA024000	196,00	QUEMADOR 50000 Kcal/h R.440/90	50	550	260	SI	SI
00QA026000	246,00	QUEMADOR 100000 Kcal/h R.441/90	70	720	340	SI	SI
00QA028000	392,00	QUEMADOR 200000 Kcal/h R.442/90	82	720	370	SI	SI
00QA032000	378,00	QUEMADOR 25000 Kcal/h R.460/50	500	1000	100	SI	SI
00QA033000	406,00	QUEMADOR 40000 Kcal/h R.460/75	750	1250	100	SI	SI
00QA034000	455,00	QUEMADOR 50000 Kcal/h R.460/100	1000	1500	100	SI	SI
00QA036000	312,00	QUEMADOR 40000 Kcal/h R.471	220	700	110	SI	SI

REF. 411

REF. 440
441
442REF. 440/90
441/90
442/90

REF. 460



REF. 471

Presión máxima de trabajo: 1.750 mbar.

Importante: Es conveniente adecuar el número de botellas al consumo del quemador.

RECAMBIOS PARA QUEMADORES

00VS016000	15,54	VÁLVULA DE SEGURIDAD AP M-M 1/4" CON SALIDA PILOTO
00VS026100	6,88	BOBINA PARA VÁLVULA SEGURIDAD ALTA PRESIÓN
00EE131300	0,41	TUERCA M10x100 PARA BICONO 6
00EE132300	0,22	BICONO PARA TUBO 6
00QA020004	2,34	REJILLA PARA QUEMADOR 411
00QA020003	0,30	MUELLE PARA QUEMADOR 411
00QA052000	4,69	PILOTO PARA QUEMADOR ALTA PRESIÓN

GD Aparatos y Accesorios para Gas, S.L.

C/Est. 16 - Pol. Ind. Buvisa • 08338 PREMIÀ DE DALT • Tel. +34 93 751 44 91 • Fax +34 93 751 45 27 • E-mail: comercial@gdaparatos.com • www.gdaparatos.com

ANEXO IV: MOTOR

Motor es de uso general

Armazón NEMA 48 y 56 - Abiertos ODP (IP21)



Estos motores poseen una amplia gama de aplicaciones. Debido a su alto par de arranque, son particularmente adecuados para cargas de arranque pesado.

Características estándar

- Monofásico y Trifásico, II y IV polos, 60Hz
- Tensión Nominal: - Monofásico: 115/208-230 V
- Trifásico: 208-230/460V
- Con rotor de jaula de ardilla
- Capacitor de arranque
- Abiertos (IP21)
- Dimensiones según la Norma NEMA
- Aislamiento clase "B" (ΔT 80°C)
- Alto par de arranque
- Pintura: RAL 7022
- Rodamientos de bolas

Nota: WEG usa solamente alambre de cobre en los bobinados.

Características opcionales

- Aislamiento clase "F"
- Brida
- Tensiones especiales
- Flecha especialmente diseñado
- Doble salida de flecha
- Flecha en acero inoxidable
- Sin patas
- Protector térmico Automático o manual
- Otras configuraciones de montaje



Aplicaciones

- Bombas
- Aire acondicionado
- Uso rural
- Transportadores
- Reductores
- Compresores
- Herramientas
- Ventiladores y sopladores
- Otros

Reconocido por



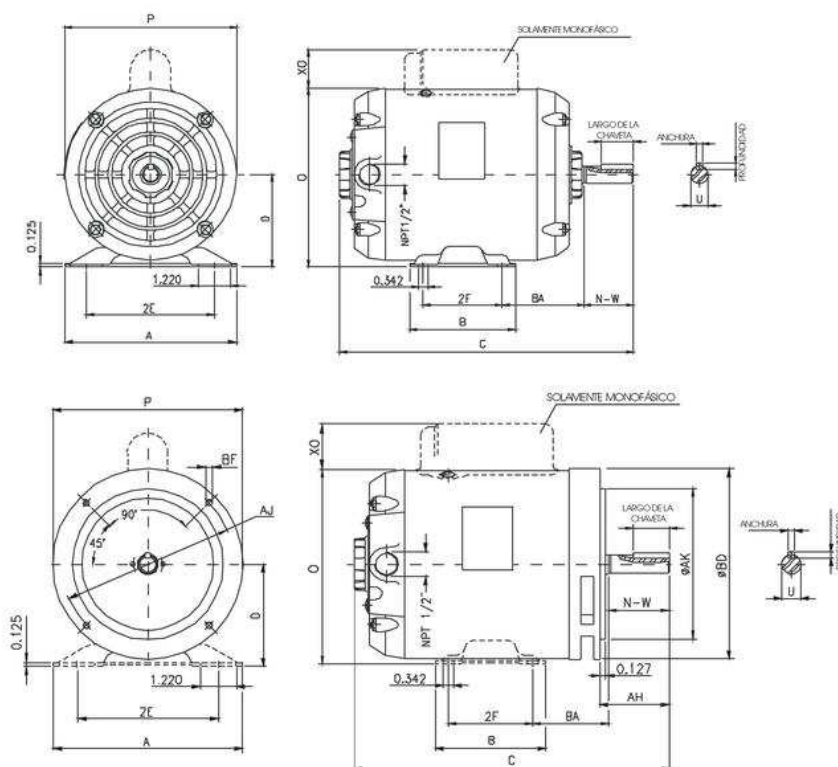
Aprobado por





Motores de uso general

Armazón NEMA 48 y 56 - Monofásico y trifásico - ODP (IP21)
Valido para Compressor Duty



ARMAZÓN NEMA	MONTAJE			A	B	C	D	O	P	XO	CHAVETA		LARGO DE LA CHAVETA	LARGO DE LA FLECHA		RODAMIENTOS	
	2E	2F	BA								ANCHURA	PROFUNDIDAD		N-W	U	Del.	Tras.
B48	4.236	2.748	2.500	6.141	3.543	9.252	3.000	5.874	5.748	2.126	*	*	1.500	0.500	6203-ZZ	6202-ZZ	
C48						10.039											
56	4.875	3.000	2.748	6.535	4.015	9.645	3.500	6.767	6.535	1.578	0.187	0.093	1.102	1.874	0.625	6204-ZZ	6203-ZZ
C56						10.433											
A56						10.315											
B56						11.102											
D56						12.283											
F56H						13.464											
G56H	13.858																
						6.496				1.618							

DIMENSIONES DE LA BRIDA "C"						
FLANGE	AJ	AK	BD	BF		AH
				NUMERO	Ø	
FC-95	3.748	3.000	5.629	4	UNC1/4"	1.688
FC-149	5.874	4.500	6.496		UNC3/8"	2.062

* La flecha de los motores de la armazón NEMA 48 muestra una face plana con anchura de 0.291 en vez del canal de la chaveta.

** Las armazones NEMA 56H son provistas de una base de dos agujeros - dimensiones b:3" y 5"

Dimensiones en pulgadas

Motores de uso general

Armazón NEMA 48 y 56 - Monofásico - ODP (IP21)



Potencia		Armazón NEMA	RPM	Corriente Nominal (A)		Corriente con rotor bloqueado Código kVA	Par Nominal Lb.Ft	Par con rotor bloqueado TVTn	Par máximo Tb/Tn	Rendimiento η %			Factor de potencia $\cos \phi$			Factor de servicio FS	Momento de inercia Wk^2 Lb.Ft ²	Capacitor de arranque		Peso aprox. Lb
HP	KW			En115V	En230V					% de la potencia nominal								μF	V	
										50	75	100	50	75	100					
0.25	0.18	B 48	3410	3.8	1.9	L	0.37	3.5	3.5	42.0	48.0	54.6	0.62	0.71	0.77	1.35	0.01423	1x145-175	110	17.6
0.25	0.18	B 48	1750	4.8	2.4	M	0.73	3.5	3.2	42.0	50.0	56.6	0.49	0.52	0.59	1.35	0.03084	1x161-193	110	20.2
0.33	0.25	C 48	3480	5.2	2.6	L	0.49	3.4	3.0	48.0	53.0	57.7	0.51	0.62	0.71	1.35	0.01898	1x161-193	110	19.8
0.33	0.25	C 48	1740	6.0	3.0	L	0.98	3.6	3.3	45.0	52.0	57.0	0.45	0.56	0.62	1.35	0.04034	1x189-227	110	20.9
0.50	0.37	C 48	3465	6.8	3.4	L	0.74	3.5	3.0	48.0	54.0	60.3	0.56	0.64	0.78	1.25	0.02373	1x216-259	110	22.0
0.50	0.37	C 48	1740	7.8	3.9	L	1.48	3.5	2.8	52.0	60.0	64.5	0.45	0.56	0.64	1.25	0.04746	1x270-324	110	25.3
0.75	0.55	B 56	3535	1.1	5.5	L	1.09	3.0	3.0	47.0	54.0	59.0	0.61	0.68	0.74	1.25	0.03559	1x270-324	110	28.6
0.75	0.55	D 56	1750	1.1	5.5	L	2.21	3.3	2.8	53.0	61.0	65.1	0.46	0.56	0.67	1.25	0.10915	1x340-408	110	30.8
1	0.75	D 56	3520	1.4	7.0	N	1.47	3.0	3.0	53.0	58.0	61.7	0.52	0.63	0.74	1.25	0.04271	1x430-516	110	33.0
1	0.75	D 56	1730	1.4	7.0	K	2.99	2.8	2.6	54.0	62.0	65.0	0.49	0.60	0.70	1.15	0.13526	1x430-516	110	35.2
1.5	1.1	D 56	3500	1.8	9.0	L	2.21	2.7	2.6	59.0	64.0	68.3	0.63	0.71	0.78	1.15	0.05220	1x540-648	110	35.2
1.5	1.1	F 56 H	1730	2.1	10.5	L	4.49	2.8	2.6	59.0	66.0	68.0	0.50	0.61	0.68	1.15	0.02373	2x270-324	110	44.1
2	1.5	F 56 H	3510	2.2	11	M	2.95	2.6	2.5	63.5	69.0	74.8	0.61	0.72	0.75	1.15	0.21594	2x270-324	110	44.1
2	1.5	G 56 H	1740	2.6	13	K	5.95	2.7	2.6	62.0	67.0	70.0	0.50	0.62	0.70	1.00	0.21831	2x340-408	110	46.3
3	2.2	G 56 H	3470	3.0	15	K	4.47	2.3	2.8	70.0	73.0	75.0	0.69	0.80	0.85	1.00	0.07356	2x340-408	110	48.5

Los valores mostrados están sujetos a alteraciones sin aviso previo. Para obtener los valores garantizados, favor contactar nuestra oficina más cercana.

Motores de uso general

Armazón NEMA 56 - Trifásico - ODP (IP21)

Potencia		Armazón NEMA	RPM	Corriente Nominal (A)		Corriente con rotor bloqueado Código kVA	Par Nominal Lb.Ft	Par con rotor bloqueado TVTn	Par máximo Tb/Tn	Rendimiento η %			Factor de potencia $\cos \phi$			Factor de servicio FS	Momento de inercia Wk^2 Lb.Ft ²	Tiempo máximo con rotor bloqueado enc. caliente/frío (s)	Peso aprox. Lb
HP	KW			En115V	En230V					% de la potencia nominal									
										50	75	100	50	75	100				
0.25	0.18	A 56	3500	1.20	0.60	M	0.36	2.7	3.0	48.0	54.0	58.0	0.54	0.63	0.70	1.35	0.02052	14/32	19.8
0.25	0.18	A 56	1725	1.15	0.57	M	0.75	2.2	2.7	50.0	57.0	62.0	0.50	0.58	0.65	1.35	0.05450	17/38	19.8
0.33	0.25	A 56	3500	1.60	0.80	N	0.48	2.6	2.9	49.0	54.0	59.0	0.55	0.63	0.70	1.35	0.02463	9/20	20.9
0.33	0.25	A 56	1745	1.40	0.70	K	0.97	2.2	2.8	52.0	58.0	65.0	0.50	0.57	0.65	1.35	0.05450	14/32	22.0
0.50	0.37	A 56	3480	2.10	1.05	M	0.74	2.4	3.0	48.0	56.0	61.0	0.57	0.67	0.74	1.25	0.02873	7/16	22.0
0.50	0.37	A 56	1735	2.00	1.00	K	1.49	2.1	2.4	56.0	64.0	67.0	0.51	0.62	0.69	1.25	0.07268	10/21	23.1
0.75	0.55	B 56	3460	2.70	1.35	L	1.12	2.4	2.8	56.0	62.0	66.0	0.62	0.72	0.80	1.25	0.03284	7/15	23.1
0.75	0.55	B 56	1740	2.80	1.40	K	2.23	2.2	2.7	58.0	66.0	69.0	0.52	0.62	0.70	1.25	0.09083	5/11	25.3
1	0.75	B 56	3475	3.30	1.65	L	1.49	2.5	2.9	60.0	65.0	69.0	0.64	0.73	0.81	1.25	0.04107	5/11	25.3
1	0.75	B 56	1725	3.50	1.75	H	3.00	2.2	2.5	60.0	67.0	71.0	0.54	0.66	0.73	1.15	0.09992	8/17	26.4
1.5	1.1	D 56	3410	4.75	2.37	J	2.27	2.3	2.6	63.0	67.0	71.2	0.66	0.78	0.82	1.15	0.04518	14/31	28.6
1.5	1.1	D 56	1720	5.00	2.50	J	4.51	2.0	2.2	70.0	74.0	75.0	0.58	0.70	0.77	1.15	0.12719	5/10	31.9
2	1.5	D 56	3415	5.70	2.85	J	3.03	2.5	2.8	71.0	74.0	75.0	0.76	0.85	0.89	1.15	0.06160	14/31	33.0
2	1.5	F 56 H	1720	6.20	3.10	J	6.02	2.3	2.6	69.0	73.0	75.0	0.60	0.72	0.79	1.15	0.14536	5/10	39.6
3	2.2	F 56 H	3400	8.10	4.05	J	4.56	2.6	2.8	74.0	76.0	77.0	0.77	0.85	0.89	1.15	0.07391	8/17	37.4

Los valores mostrados están sujetos a alteraciones sin aviso previo. Para obtener los valores garantizados, favor contactar nuestra oficina más cercana.

ANEXO V: REDUCTOR

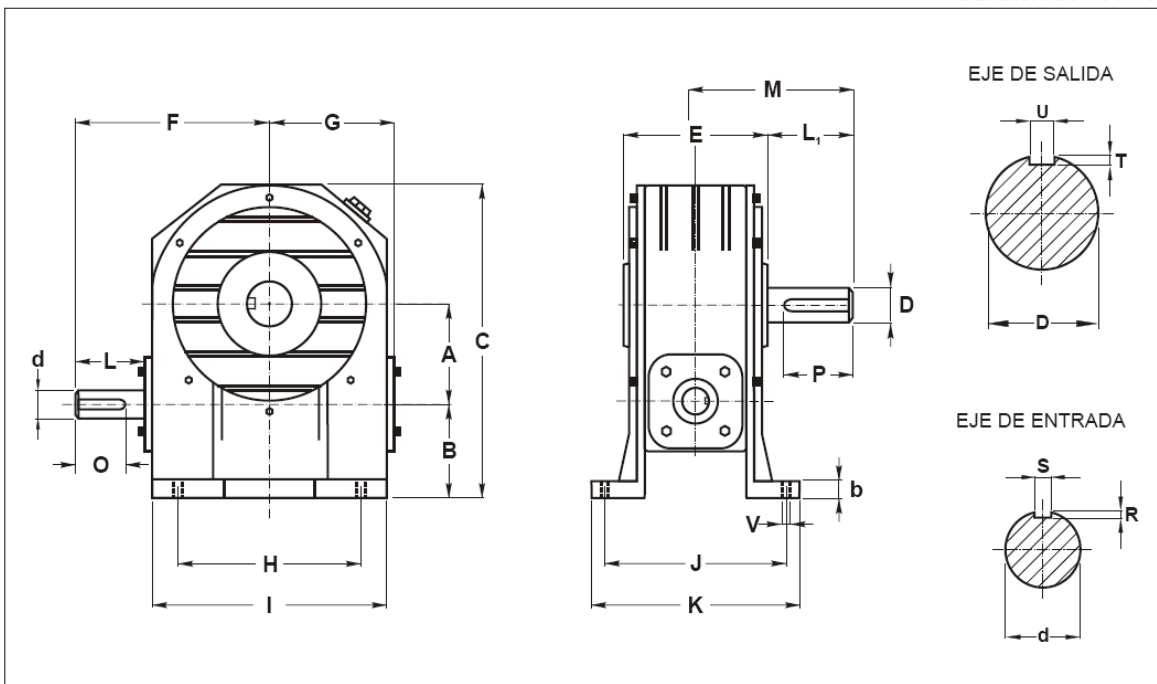


SERIE HL

Dimensiones

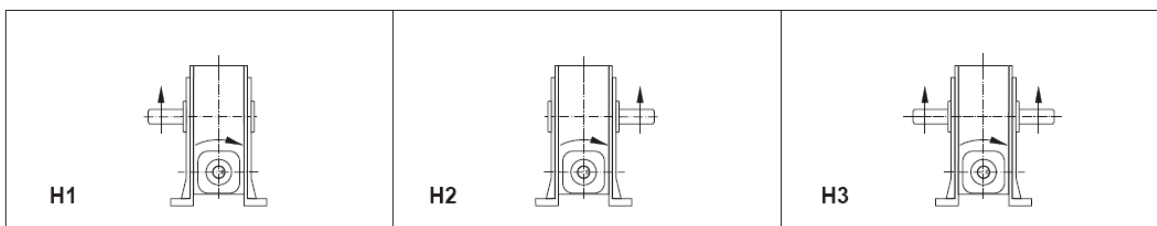
REDUCTOR SINFIN Y CORONA SALIDA HORIZONTAL

Simple reducción
Modelos 30 - 50 - 65



MODELO	A	B	b	C	D	d	E	F	G	H	I	J	K	L	L ₁	M	O	P	R	S	T	U	V	Peso Kg.
EA 30 H	30	40	10	110	15	10	72	75	50	56	75	80	100	25	28	64	20	25	2.4	4	2.9	5	7	3
EA 50 H	50	45	14	156	17	12	90	103	72	90	117	95	121	30	31	75	22	28	2.4	4	2.9	5	9	6
EA 65 H	65	60	16	200	25	17	100	128	90	117	150	120	155	38	60	110	32	45	2.9	5	4.1	8	9	10

Posiciones de montaje

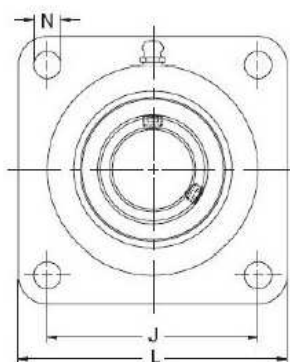
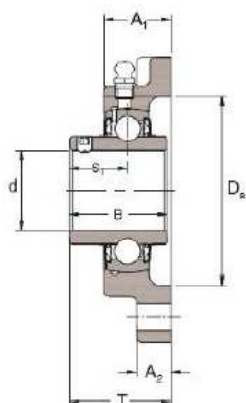


ANEXO VI: RODAMIENTOS Y CHUMACERAS

Browning®

CHUMACERAS MILIMÉTRICAS

BRIDA 4 TORNILLOS


V F 4 S 20 mm

Diámetro Interior
Opresores
4 Agujeros
Brida
Valor & Calidad

Diámetro del eje (d)		A ₁	A ₂	B	D ₂	J	L	N	s ₁	T	Tamaño del Perno	Peso Unitario (kg)
mm	in											
VF4S 20		22,6	11,1	31,0	50,8	63,5	85,7	11,5	18,3	32,5	M10	0,64
VF4S 25		24,2	12,7	34,9	63,5	70,0	95,3	11,5	20,6	36,5	M10	0,73
	1	24,2	12,7	34,9	63,5	70,0	95,3	11,5	20,6	36,5	M10	0,73
VF4S 30		27,4	13,5	38,1	73,0	82,5	108,0	11,5	22,2	39,7	M10	1,18
	1 1/4	29,4	15,1	42,9	82,6	92,0	117,5	14,0	25,4	44,5	M12	1,64
VF4S 35		29,4	15,1	42,9	82,6	92,0	117,5	14,0	25,4	44,5	M12	1,64
	1 1/2	32,9	15,9	49,3	88,9	101,5	130,2	14,0	30,2	51,2	M12	2,23
VF4S 40		32,9	15,9	49,3	88,9	101,5	130,2	14,0	30,2	51,2	M12	2,23
	1 3/4	33,7	15,9	49,3	98,6	105,0	136,5	16,0	30,2	52,0	M14	2,36
VF4S 45		33,7	15,9	49,3	98,6	105,0	136,5	16,0	30,2	52,0	M14	2,36
VF4S 50		34,5	15,9	51,6	101,5	111,0	142,9	18,0	32,5	54,8	M16	2,55
	2	38,5	20,7	55,5	108,0	130,0	161,9	18,0	33,3	58,8	M16	3,59
VF4S 55		38,5	20,7	55,5	108,0	130,0	161,9	18,0	33,3	58,8	M16	3,59
VF4S 60		42,9	20,7	65,1	127,0	143,0	174,6	18,0	39,7	68,3	M16	4,36

Diámetro del eje (d)		Capacidad		Régimen de Velocidad* Min ⁻¹	Intercambios Dimensionales		
mm	in	Dinámica C (N)	Estática C ₀ (N)		Rollway	SKF	INA
20		11 600	6 400	6 500	RFS 20	FY 20 TF	RCJY 20
25		12 500	7 300	5 500	RFS 25	FY 25 TF	RCJY 25
	1	12 500	7 300	5 500	RFS 1.	FY 1. TF	RCJY 1
30		19 500	11 400	4 500	RFS 30	FY 30 TF	RCJY 30
	1 1/4	25 700	15 500	4 000	RFS 1.1/4	FY 1.1/4 TF	RCJY 1-1/4
35		25 700	15 500	4 000	RFS 35	FY 35 TF	RCJY 35
	1 1/2	32 600	19 900	3 500	RFS 1.1/2	FY 1.1/2 TF	RCJY 1-1/2
40		32 600	19 900	3 500	RFS 40	FY 40 TF	RCJY 40
	1 3/4	35 100	22 900	3 000	RFS 1.3/4	FY 1.3/4 TF	-
45		35 100	22 900	3 000	RFS 45	FY 45 TF	-
50		35 100	23 200	3 000	RFS 50	FY 50 TF	RCJY 50
	2	43 400	29 400	2 500	RFS 2.	FY 2. TF	RCJY 2
55		43 400	29 400	2 500	RFS 55	FY 55 TF	RCJY 55
60		52 400	36 300	2 500	RFS 60	FY 60 TF	RCJY 60



ANEXO VII: MATERIALES USADOS

Aceros

INOXIDABLES



AISI 304

Acero Inoxidable

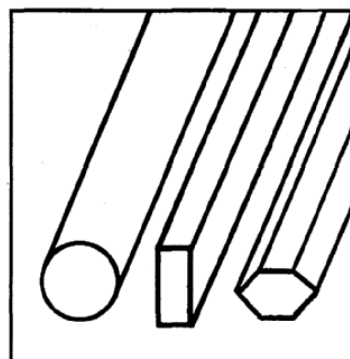
ANALISIS TIPICO

Aisi 304	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
	≤ 0.08%	≤ 1.00%	≤ 2.00%	≤ 0.045%	≤ 0.030%	8.00-10.50%	18.00-20.00%

PROPIEDADES MECANICAS A TEMPERATURA AMBIENTE

Resistencia a la tracción (Rm)	85.000 psi
Límite fluencia (Rp 0.2)	35.000 psi
Elongación en 2"	60%

APLICACION: AISI 304 es un acero inoxidable del tipo 18/8 y es el grado austenítico mayormente usado en forma general, tiene buena resistencia a la corrosión y buenas propiedades para soldar. Se usa para la fabricación de pernos, ejes para bomba, etc.



EQUIVALENCIAS

SAE	30304
WERKSTOFF	1.4301
BS	304 S 15

REDONDO	
PULGADAS	PESO APROX. kg/m
1/4	0.3
5/16	0.4
3/8	0.6
1/2	1.0
5/8	1.6
3/4	2.3
7/8	3.1
1	4.1
1 1/8	5.1
1 1/4	6.3
1 1/2	9.1
1 3/4	12.4
2	16.2
2 1/4	20.5
2 1/2	25.3
2 3/4	30.6
3	36.5
3 1/2	49.6
4	64.8
4 1/2	82.0
5	101.3
6	145.9

HEXAGONAL	
PULGADAS	PESO APROX. kg/m
1/2	1.0
5/8	1.6
3/4	2.3
7/8	3.2
1	4.2
1 1/4	6.5

PLATINA	
mm	PESO APROX. kg/m
3.00 x 50.0	1.2
3.17 x 19.05	0.5
3.17 x 25.40	0.6
3.17 x 38.10	1.0
3.20 x 32.0	0.8
3.50 x 31.75	0.9
6.35 x 31.75	1.6
6.35 x 38.0	1.9
6.35 x 25.0	1.3
6.35 x 51.0	2.6
6.35 x 57.0	2.9
9.0 x 38.0	2.7
9.52 x 25.4	1.9
9.52 x 38.10	2.7
9.52 x 50.0	3.8
9.52 x 80.8	3.9
11.0 x 30.0	2.6
11.0 x 40.0	3.5
12.70 x 38.10	3.9
12.70 x 50.8	5.2

Aceros
INOXIDABLES



AISI 304
Acero inoxidable en plancha

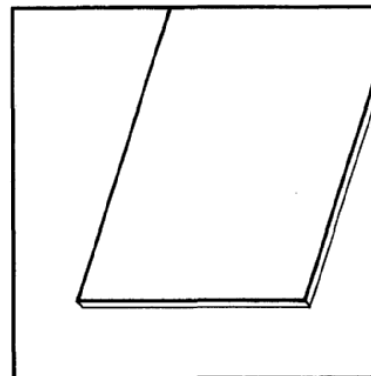
ANALISIS TIPICO

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
Aisi 304	≤ 0.08%	≤ 1.00%	≤ 2.00%	≤ 0.045%	≤ 0.030%	8.00-12.00%	18.00-20.00%

PROPIEDADES MECANICAS A TEMPERATURA AMBIENTE

Resistencia a la tracción (Rm)	84.000 psi
Límite fluencia (Rp 0.2)	42.000 psi
Elongación en 2"	55%

APLICACION: Se usa en la industria de alimentos, química, lechería, de papel, en donde la resistencia a la corrosión es importante.



EQUIVALENCIAS

SAE	30304
WERKSTOFF	1.4301
BS	304 S 15

PLANCHA			
ESPESOR mm	ANCHO-LARGO EN PIES		PESO APROX. kg/plancha
0.5	4	x 8	11.0
0.7	4	x 8	16.0
0.8	4	x 8	18.0
1.0	4	x 8	24.5
1.5	4	x 8	36.0
2.0	4	x 8	48.0
2.5	4	x 8	60.0
3.0	4	x 8	70.5
4.0	4	x 8	94.0
5.0	4	x 8	118.0
6.0 ✓	4	x 8	149.0
8.0	4	x 8	192.0
10.0	4	x 8	235.0
12.0	4	x 8	285.0

Resistencia (a la tensión)								
Número	Material	Condición	Cedencia S_y , MPa (kpsi)	Última S_u , MPa (kpsi)	A la fractura, σ_f , MPa (kpsi)	Coefficiente σ_0 , MPa (kpsi)	Resistencia a la deformación, exponente m	Deformación a la fractura ϵ_f
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1)†	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130)†	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106)†	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	T&R600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273)†	0.041	0.81
4142	Acero	T&R600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255)†	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221)†	1 410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233)†	1 270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2)†	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3)†	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102)†	882 (128)	0.13	0.18

*Los valores se tomaron de una o dos caladas y se considera que se pueden obtener usando especificaciones adecuadas de compra. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%.

†Valor derivado.



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO



PLANCHAS

PLANCHAS LAMINADAS AL FRIO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A366 JIS 3141 SPCC SAE 1008 SAE 1010
Espesores	0,40 a 1,90
Rolls	X 1219
Planchas	4 X 8 y medidas especiales



CALIDAD	DESIGNACION	CARBON	MANGANESO	FOSFORO	AZUFRE	ALUMINIO
Calidad Comercial	CS TIPO A	0,10	0,6	0,03	0,035	
	CS TIPO B	0,02 a 0,15	0,6	0,03	0,035	
	CS TIPO C	0,08	0,6	0,10	0,035	
Embutido leve	FS TIPO A	0,10	0,5	0,02	0,035	
	FS TIPO B	0,02 to 0,10	0,5	0,02	0,030	
Embutido profundo	DD6	0,06	0,5	0,02	0,025	0,01
	EDD6	0,02	0,4	0,02	0,020	0,01
Estructural SS Grid	30 (230)	0,20		0,040	0,040	
	37 (255)	0,20		0,10	0,040	
	40(275)	0,25		0,10	0,040	
	50(340)	0,40		0,20	0,040	
	50(340)	0,50		0,040	0,040	
	80 (550)	0,20		0,040	0,040	



PERFILES LAMINADOS UPN

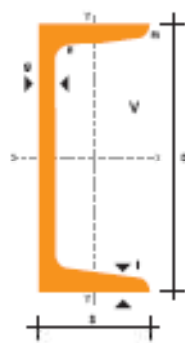
Especificaciones Generales

Caldado:	ASTM A 36
Otras calidades:	Prevía Consulta
Largo nominal:	6,00 mts. Y 12,00mts
Otros largos:	Prevía Consulta
Acabado:	Natural
Otro acabado:	Prevía Consulta



UPN

DENOMINACION	DIMENSIONES						TIPOS					
	h	s	g	t	R	R1	SECCION	PEBOS	Ix	Iy	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm	cm4	cm2	kg/mt	cm4	cm4	cm3	cm3
UPN 50	50	38	5,00	7,00	7,00	3,50	7,12	5,39	26,40	9,12	10,60	3,75
UPN 65	65	42	5,50	7,50	7,50	4,00	9,03	7,09	37,50	14,10	17,70	5,07
UPN 80	80	45	6,00	8,00	8,00	4,00	1,10	8,64	106,00	19,40	26,50	6,36
UPN 100	100	50	6,00	8,50	8,50	4,50	13,50	10,60	206,00	29,30	41,20	8,49
UPN 120	120	55	7,00	9,00	9,00	4,50	17,00	13,40	364,00	43,20	60,70	11,10
UPN 140	140	60	7,00	10,00	10,00	5,00	20,40	16,00	604,00	67,70	86,40	14,80
UPN 160	160	65	7,50	10,50	10,50	5,50	24,00	18,60	905,00	85,30	116,00	18,30
UPN 180	180	70	8,00	11,00	11,00	5,50	28,00	22,00	1350,00	114,00	150,00	22,40
UPN 200	200	75	8,50	11,50	11,50	6,00	32,20	26,30	1910,00	148,00	191,00	27,00
UPN 220	220	80	9,00	12,50	12,50	6,50	37,40	29,40	2690,00	197,00	245,00	33,60
UPN 240	240	85	9,50	13,00	13,00	6,50	42,30	33,20	3600,00	248,00	300,00	39,60
UPN 260	260	90	10,00	14,00	14,00	7,00	49,20	37,60	4920,00	317,00	371,00	47,70
UPN 300	300	100	10,00	15,00	15,00	8,00	58,80	46,20	8030,00	496,00	535,00	67,80





PLANCHAS

PLANCHAS INOXIDABLES

Especificaciones Generales

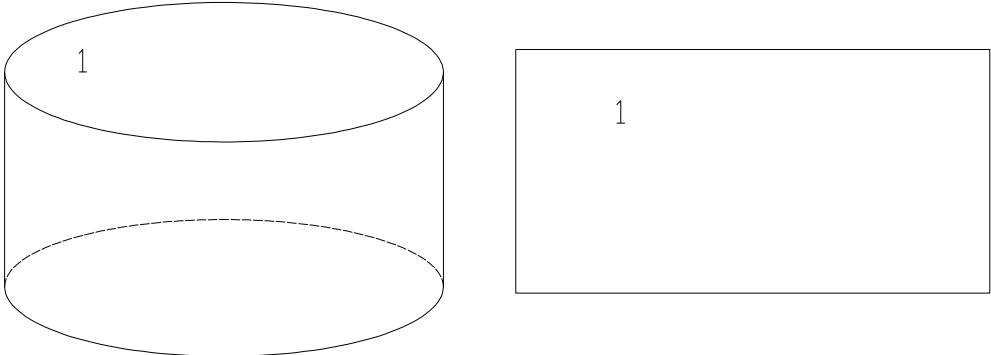
Norma	304, 316, 430
Espesores	Desde 0,40mm hasta 15,00mm
Rollos	X 1220
Planchas	4 x 8
	Largos y calidades especiales bajo pedido

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICION QUIMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenite	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00	
Ferrite	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensite	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

JIS* Japanese Industrial Standards
 AISI** American Iron and Steel Institute
 DIN*** Deutsche Industrie Normen

ANEXO VIII: HOJAS DE PROCESOS

HOJA DE PROCESOS				TOLVA	
Nombre de la unidad: TOSTADORA DE TAMBOR DE MAÍZ				Tiempo de Duración: 210 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones En Bruto	Observación
	1	Tolva de Carga	Acero ASTM A36	2440x1220x4 (mm)	Ninguna
Superficie	Operación	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)	
1	Trazado	1		60	
1	Corte de la Plancha	1		30	
2	Doblar 90° respecto 1		3	30	
3	Doblar 90° respecto 1			30	
4	Doblar 30° respecto 2			30	
5	Doblar 30° respecto 2			30	

HOJA DE PROCESOS				PARED CILINDRICA INTERIOR	
Nombre de la unidad: TOSTADORA DE TAMBOR DE MAÍZ				Tiempo de Duración: 105 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones En Bruto	Observación
	1	Pared cilíndrica de la cámara de tostado.	Acero Inoxidable AISI 304	2440x1220x4 (mm)	Ninguna
					
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Trazado		1		20
1	Corte de la Plancha		1	4	25
1	Barolado	100	1		30

HOJA DE PROCESOS				PARED CILINDRICA EXTERIOR	
Nombre de la unidad: TOSTADORA DE TAMBOR DE MAÍZ				Tiempo de Duración: 160 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones En Bruto	Observación
	1	Pared cilíndrica exterior de la cámara de tostado.	Acero ASTM A36	2440x1220x2 (mm)	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Trazado		1		20
1	Corte de la Plancha		1	2	30
3,4,6,7,9,10,12,13	Medir y trazado de centros				30
3,4,6,7,9,10,12,13	Agujeros pasantes	400	3		40
1	Barolado	100			40

HOJA DE PROCESOS				PLACA SOPORTE DEL MOTOR	
Nombre de la unidad: TOSTADORA DE TAMBOR DE MAÍZ				Tiempo de Duración: 135 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones En Bruto	Observación
	1	Placa soporte.	Acero ASTM A36	2440x1220x4 (mm)	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Trazado		1		20
1	Corte de la Plancha		1	4	30
3,4,6,7,8,9	Medir y trazado de centros				30
3,4,6,7,8,9	Agujeros pasantes	400	3	4	40
2,5	Doblado a 90°, 2 respecto a 5				15

HOJA DE PROCESOS				EJE MOTRIZ	
Nombre de la unidad: TOSTADORA DE TAMBOR DE MAÍZ				Tiempo de Duración: 120 min.	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones En Bruto	Observación
	1	Eje motriz.	Acero SAE 1018	Ø38,1x4160	Ninguna
Superficie	Operación	Velocidades (RPM)	Nº Pasadas	Profundidad	Tiempo (min)
1	Trazado				5
1	Medir y Cortar				15
1 y 9	Puesta Punto, Refrentar, Hacer centros.				10
2,3	Cilindrar	220		2mm	80
4,7	Chaflan.	220			15

5,6	Realizar radios de curvatura	220			15
5,6	Trazar centros				
5,6	Agujeros pasantes	400			20
10	Fresar para la lengüeta	480		4mm	30

ANEXO IX: PLANOS DE TALLER Y DE MONTAJE