



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Trabajo Estructurado de manera Independiente

previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico

TEMA:

ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLADO EN LA ELABORACIÓN DEL CHOCOLATE EN TABLETAS EN LA FÁBRICA CAROLINA DE LA CIUDAD DE AMBATO Y SUS BENEFICIOS EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

AUTOR:

Juan Manuel Guerrero Guerrero

TUTOR:

Ing. M.Sc. Juan Correa

Ambato – Ecuador

2011

APROBACIÓN POR EL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema “**Estudio del proceso de mezclado en la elaboración del chocolate en tabletas en la Fábrica Carolina de la ciudad de Ambato y sus beneficios en la optimización de la producción**”, realizado por el señor Juan Manuel Guerrero Guerrero egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Jurado Examinador, por lo tanto su autor puede continuar con el respectivo trámite de graduación.

Ambato, Junio del 2011

Ing. M.Sc Juan Correa

Tutor del proyecto.

AUTORÍA

Yo, Juan Manuel Guerrero Guerrero portador de la C.I. 180379539-0 declaro que las ideas expuestas en el presente trabajo de grado denominado: “Estudio del proceso de mezclado en la elaboración del chocolate en tabletas en la Fábrica Carolina de la ciudad de Ambato y sus beneficios en la optimización de la Producción”, así como los contenidos, ideas, análisis, conclusiones, recomendaciones y propuesta son de mi absoluta responsabilidad.

EL AUTOR

Sr. Juan Manuel Guerrero Guerrero

C.I. 180379539-0

DEDICATORIA

A mis padres Galo Guerrero y Clara Guerrero
porque me han brindado su infinita ayuda
durante toda mi carrera y porque me
han dejado la herencia más
valiosa para mi vida, “el estudio”.

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a mi Dios por haberme dado la salud y la vida, y porque con su ayuda pude culminar el presente proyecto.

A mis padres, porque fueron y siguen siendo un cimiento importante en mi vida, su ayuda, sus consejos, su apoyo incondicional fueron también una inspiración para seguir adelante y formarme como profesional, en especial a mi padre porque durante el desarrollo del presente proyecto compartimos hermosos momentos.

A todos mis hermanos y a mi abuelita porque de una u otra manera estuvieron pendientes de mí durante toda mi formación universitaria, en especial a mi hermana porque supo darme ánimos para seguir adelante en este difícil pero no imposible camino.

A la Universidad Técnica de Ambato por haber sido mi segundo hogar durante estos cinco años de formación, y a todos los profesores de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por compartir sus conocimientos y consejos durante mi carrera universitaria.

Al Ing. M.Sc. Juan Correa por haberme brindado su ayuda incondicional como amigoy como tutorpara la elaboración del presente proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	I
APROBACIÓN POR EL TUTOR.....	II
AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVI

B. TEXTO

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1

1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis crítico.....	3
1.2.3 Prognosis.....	3
1.2.4 Formulación del problema.....	4
1.2.5 Preguntas directrices.....	4
1.2.6 Delimitación del problema.....	5
1.2.6.1 De contenido.....	5
1.2.6.2 Espacial.....	5
1.2.6.3 Temporal.....	5
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 objetivos específicos.....	7

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos.....	8
2.2 Fundamentación filosófica.....	30
2.3 Red de categorías fundamentales.....	31
2.4 Hipótesis.....	32

2.5 Variables del estudio.....	32
2.5.1 Variable dependiente.....	32
2.5.2 Variable independiente.....	32

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación.....	33
3.2 Nivel o tipo de investigación.....	33
3.3 Población y muestra.....	34
3.4 Operacionalización de variables.....	35
3.4.1 Variable independiente.....	35
3.4.2 Variable dependiente.....	36
3.5 Plan de recolección de la información.....	37
3.6 Plan de procesamiento de la información.....	41

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los resultados.....	42
4.2 Interpretación de datos.....	53

4.3 verificación de la hipótesis.....	55
---------------------------------------	----

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	56
5.2 Recomendaciones.....	57

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos informativos.....	58
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	58
6.3 Justificación.....	59
6.4 Objetivos.....	59
6.4.1 Objetivo general.....	59
6.4.2 Objetivos específicos.....	59
6.5 Análisis de factibilidad.....	60
6.6 Fundamentación.....	61
6.7 Metodología Modelo operativo.....	104

6.8 Administración.....	109
6.9 Previsión de la evaluación.....	115

C. MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía.....	121
-------------------	-----

ANEXOS

Anexo A. Dimensiones para rodets tipo ancla.....	125
Anexo B. Constantes de agitación Laminar para varios tipos de rodets.....	125
Anexo C. Intensidades absorbidas por motores eléctricos.....	126
Anexo D. Rendimiento de reductores de velocidad.....	127
Anexo E. Propiedades de algunos metales.....	128
Anexo F. Parámetros del factor de modificación superficial.....	129
Anexo G. Factores de confiabilidad K_c	129
Anexo H. Dimensiones Estándar de chavetas.....	130
Anexo I. Características y propiedades mecánicas a la tensión de algunos aceros.....	131
Anexo J. Coeficientes de fricción f de pares roscados.....	131
Anexo K. rendimiento de transmisiones de fuerza con correas trapeciales.....	132
Anexo L. Factor de esfuerzos estáticos para rodamientos.....	133

Anexo M. Características de rodamientos rígidos de bolas.....	133
Anexo N. Factor de corrección del ángulo de contacto k_1 para transmisiones de bandas planas W y en V.....	136
Anexo O. Factor de corrección de longitud de banda k_2	136
Anexo P. Potencias nominales de bandas en V estándar.....	137
Anexo Q. Factores de servicio sugeridos k_s para transmisiones de bandas en V.....	138
Anexo R. Algunos parámetros de bandas en V.....	138
Anexo S. Parámetros de durabilidad para algunas secciones de bandas en V.....	139
Anexo T. Constantes de condiciones finales de las columnas de Euler.....	139
Anexo U. Propiedades del acero estructural, Tubo cuadrado.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Operacionalización de la variable estudio del proceso de mezclado....	35
Tabla 3.2. Operacionalización de la variable optimización de la producción.....	36
Tabla 3.3. Proceso de elaboración del chocolate en tabletas.....	37
Tabla 3.4. Diagrama de Proceso Actual de elaboración del chocolate en tabletas.....	39
Tabla 3.5. Diagrama de Proceso Propuesto de elaboración del chocolate en tabletas.....	40
Tabla 4.1 Cantidades de ingredientes para la primera prueba de funcionamiento.....	47

Tabla 4.2 Resultado de ahorro de tiempo.....	48
Tabla 4.3 Cantidades de ingredientes para la segunda prueba defuncionamiento.....	48
Tabla 4.4 Resultado de ahorro de tiempo - segunda prueba.....	49
Tabla 4.5 Cantidades de ingredientes para la tercera prueba defuncionamiento.....	49
Tabla 4.6 Resultado de ahorro de tiempo – tercera prueba.....	50
Tabla 4.7 Cantidades de ingredientes para la cuarta prueba defuncionamiento.....	50
Tabla 4.8 Resultado de ahorro de tiempo – cuarta prueba.....	51
Tabla 4.9 Resultado de ahorro de tiempo promedio.....	51
Tabla 4.10 Resultado de ahorro de tiempo promedio.....	52
Tabla 6.1. Valores C/P para vida de rodamientos.....	89
Tabla 6.2. Valores de (D/d) para bandas en V.....	94
Tabla 6.3. Costos unitarios de materiales utilizados	110
Tabla 6.4. Costos de materiales varios.....	111
Tabla 6.5 Costo de mano de obra.....	112
Tabla 6.6 Costo total del proyecto.....	113
Tabla 6.7 Detalles de la primera prueba de funcionamiento.....	117
Tabla 6.8 Detalles de la segunda prueba de funcionamiento.....	118
Tabla 6.9 Detalles de la tercera prueba de funcionamiento.....	118
Tabla 6.10 Detalles de la cuarta prueba de funcionamiento.....	119

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Proceso de producción del chocolate.....	14
Gráfico 2.2 Chocolate negro.....	15
Gráfico 2.3 Chocolate de cobertura.....	16
Gráfico 2.4 Detalle del movimiento del fluido.....	17
Gráfico 2.5 Comportamiento de fluidos pseudoplásticos.....	21
Gráfico 2.6 Comportamiento de fluidos dilatantes.....	21
Gráfico 2.7 Diagramas reológicos de los fluidos no newtonianos.....	22
Gráfico 2.8 Comportamiento de los fluidos reopécticos.....	23
Gráfico 2.9 Trayectorias de flujo en tanques cilíndricos.....	28
Gráfico 2.10 Tipos de agitadores.....	30
Gráfica 4.1 – Problemas en el proceso de mezclado.....	42
Gráfica 4.2 – Conocimiento de tecnología.....	43
Gráfica 4.3 – Comodidad en el trabajo.....	43
Gráfica 4.4 – Estudios del proceso de mezclado.....	44
Gráfica 4.5 – Tiempo de mezclado.....	45
Gráfica 4.6 – Mejorar el proceso de mezclado.....	45
Gráfica 4.7 – Mejoramiento de la calidad del producto.....	46
Figura N° 4.1 Foto del licor de chocolate.....	47

Figura N° 4.2 Foto del ingrediente a mezclar con el licor de chocolate.....	47
Gráfico N° 4.8 Ahorro de tiempo.....	48
Gráfico N° 4.9 Ahorro de tiempo – segunda prueba.....	49
Gráfico N° 4.10 Ahorro de tiempo – tercera prueba.....	50
Gráfico N° 4.11 Ahorro de tiempo – cuarta prueba.....	51
Gráfico N° 4.12 Ahorro de tiempo promedio.....	52
Figura N° 4.3 Foto del proceso de mezclado con la máquina.....	52
Figura N° 4.4 Foto del proceso terminado.....	53
Figura N° 4.5 Foto del chocolate mezclado en la máquina.....	54
Figura 6.1 Esquema del rodete de mezcla.....	63
Figura 6.2 Dimensiones del rodete tipo ancla a diseñar.....	64
Figura 6.3 Esquema del tanque.....	68
Figura 6.4 Rodete de mezcla tipo ancla.....	70
Figura 6.5 Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante.....	71
Figura 6.6 Esquema del chavetero.....	75
Fig. N° 6.7 Dimensiones del chavetero.....	76
Figura 6.8 Tornillo de potencia.....	78
Figura 6.9 Sistema de transmisión.....	91
Figura 6.10 Esquema de la estructura.....	101
Figura 6.11 Máquina mezcladora.....	104
Figura 6.12 Tanque de mezcla de la máquina.....	105

Figura 6.13 Mezcladora. Conjunto Armado.....	105
Figura 6.14 Vista lateral de la máquina.....	106
Figura 6.15 Mecanismo de bajada y subida del rodete.....	106
Fig. N° 6.16 Flujo operativo.....	114
Fig. N° 6.17 Mezclado manual.....	116
Fig. N° 6.18 Mezclado con máquina.....	117

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA

**ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLADO EN LA ELABORACIÓN DEL
CHOCOLATE EN TABLETAS EN LA FÁBRICA CAROLINA DE LA
CIUDAD DE AMBATO Y SUS BENEFICIOS EN LA OPTIMIZACIÓN DE
LA PRODUCCIÓN**

RESUMEN

El presente proyecto de investigación habla sobre la manera de optimizar la producción en la elaboración del chocolate en tabletas en la Fábrica Carolina de la ciudad de Ambato, mejorando a la vez dicho proceso de mezclado, así como su calidad.

Con la utilización de una máquina se puede notar un cambio en este proceso, debido a que se logró obtener una mezcla homogénea, y por ende un producto de calidad de mejor aspecto.

Finalmente se logró optimizar el tiempo de mezclado en un 32% realizándolo de manera industrial, con lo cual el proyecto cumple a cabalidad con las expectativas planteadas.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existen gran cantidad de fábricas dedicadas a la elaboración del chocolate, siendo éste un importante ingreso económico para los pequeños y grandes productores de chocolate existentes en el país.

El tradicional y conocido chocolate ambateño ha sido un principal generador de mano de obra de la ciudad, así como también un pilar importante en cuanto a la economía y desarrollo de la misma, razón por la cual dicho proyecto trata de una u otra manera mejorar dichos procesos de producción en la mencionada Fábrica y ser parte del desarrollo y progreso de la misma.

Con el objetivo de lograr un cambio positivo en los procesos que actualmente se llevan a cabo en estas fábricas, conviene tener toda la información necesaria para obtener resultados que estén encaminados a un cambio evidente y práctico, y de esta manera hacer que la producción del chocolate sea de manera industrializada.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

Estudio del proceso de mezclado en la elaboración del chocolate en tabletas en la fábrica Carolina de la ciudad de Ambato y sus beneficios en la optimización de la producción.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

En el Ecuador la industria del chocolate es un importante factor para el desarrollo económico del País, la creación de grandes y pequeñas empresas para la producción de chocolate ha sido un importante generador de mano de obra y desarrollo empresarial a nivel nacional.

Casi todas las Industrias productoras de chocolate basan su producción en la economía tomando en cuenta el desarrollo de los principales países comercializadores de cacao y de chocolate. Un inconveniente de estas industrias ha sido desarrollar sistemas de producción que permitan el crecimiento económico de las mismas en cuanto a la optimización de tiempos de producción y

mejoramiento en la implementación de maquinaria, un principal factor para que esto ocurra es el proceso de producción antiguo que algunas empresas todavía lo utilizan y otro factor es la falta de actualización de procesos de producción utilizando tecnología adecuada para la optimización de tiempos y movimientos, y procesos de control de calidad. Las industrias productoras de chocolate también han ido evolucionando, tanto es así que actualmente se fabrican una variedad de chocolates tanto en calidades como en sabores. Muchas de estas empresas no cuentan con la tecnología necesaria para la fabricación de chocolate, este factor ha hecho que la pérdida de tiempo en este proceso sea un principal factor en cuanto a los beneficios económicos bajos que una empresa consigue, y por consiguiente sea un importante problema, si lo podemos llamar así. En el país generalmente existen pequeñas y medianas industrias las cuales se dedican a la producción del chocolate ya que es una tradición que ha venido de generación en generación.

En la Provincia de Tungurahua actualmente existe un considerable número de fabricantes de chocolate que, como sucede a nivel nacional, tampoco cuentan con la tecnología adecuada para el proceso de producción, debido a la falta de conocimientos. En la actualidad en la Provincia existe un importante problema en el proceso de mezclado, debido a la falta de implementación de maquinaria que facilite el trabajo, ya que este proceso es realizado manualmente en casi la totalidad de las pequeñas y medianas industrias dedicadas a la fabricación del chocolate.

En Huachi Chico barrio tradicional de Ambato, la mayoría de sus habitantes se dedican desde hace cien años a la elaboración artesanal de chocolate. Abuelos y bisabuelos de los actuales artesanos de la ciudad compraban en la plaza pequeñas cantidades de cacao, las cuales eran convertidas manualmente en tabletas de chocolates con la ayuda de tiestos de barro y molinos de piedra. La producción y el consumo de chocolate en leche son una tradición de Ambato, pero en un momento empezó a desaparecer, poniendo en peligro la fuente de ingresos de decenas de familias.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

Los grandes países productores y comercializadores de chocolate han optado por el desarrollo de nuevos modelos y procesos, esto ha hecho que el uso del cacao como materia prima para la fabricación del chocolate sea a gran escala y su demanda sea mayor. Los métodos de manufactura difieren en detalle de planta a planta, pero se identifica un patrón de comportamiento. Para el proceso industrial se requiere grano sometido a un proceso de beneficio, que incluye las etapas de desgrane, fermentación y secado. Un cacao con buena presentación y calidad tiene un alto precio en el mercado.

La calidad del chocolate, sabor y aroma, depende de varios factores: el tipo de cacao utilizado y la forma como haya sido fermentado; la cuidadosa realización de los procesos industriales y la mezcla que se utilice para la fabricación. El tipo de cacao es fundamental para determinar el sabor y aroma del licor, pero mejora sus propiedades si el cacao en grano efectúa un apropiado proceso de pos-cosecha, en especial de fermentación. Prácticas inadecuadas de fermentación, secado o almacenamiento pueden determinar la aparición de malos olores, tales como moho, ahumado, excesiva acidez y exagerado amargo y astringencia. La diversidad de operaciones industriales mencionadas tiene significativa incidencia en la calidad del producto final, siendo los procesos básicos para el desarrollo y mantenimiento de la calidad y del aroma. Y sin lugar a dudas, la fórmula, o mezcla utilizada es el aspecto fundamental para la calidad y para la obtención de las características peculiares que se quieran dar al chocolate.

1.2.3 PRÓGNOSIS

La industria de producción de chocolate es conocida en todo el país, debido a la excesiva demanda del producto, en muchas ocasiones las pequeñas empresas no cuentan con la tecnología suficiente para la elaboración del producto, factor

principal y primordial para el desarrollo y crecimiento de una empresa. De continuar con este problema, la empresa de producción de chocolate, tendrán un golpe en cuanto a la economía, debido a que este problema se verá reflejado a largo plazo. Otro factor que también causará problemas a futuro es la falta de un estudio en cuanto al proceso de mezclado se refiere, ya que en un mercado de nuestro medio, lo que primero se toma en cuenta es la calidad del producto final. La fabricación o elaboración de un producto se basa principalmente en la materia prima utilizada, los procesos de producción con los que se realizan y la tecnología con que la empresa o fábrica cuenta.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El estudio del proceso de mezclado en la elaboración del chocolate en tabletas en la Fábrica Carolina de la ciudad de Ambato es necesario para optimizar el proceso de producción?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Existen estudios realizados del proceso de producción del chocolate en tabletas?
- ¿Existen estudios realizados del proceso de mezclado del chocolate con otros ingredientes?
- ¿La mezcla homogénea del chocolate mejorará la calidad del mismo?
- ¿La optimización de la producción en la fábrica generará mayores ingresos económicos?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1 DE CONTENIDO

En éste estudio se utilizan las siguientes áreas:

- Procesos de manufactura
- Diseño y materiales
- Gestión Industrial

1.2.6.2 ESPACIAL

La presente investigación se realizará en Ecuador, Provincia de Tungurahua, cantón Ambato. También tendrá estudios bibliográficos que se realizará en la Universidad Técnica de Ambato, facultad de ingeniería Civil y Mecánica y de igual forma en la Fábrica Carolina.

1.2.6.3 TEMPORAL

La presente investigación se realizará en los meses comprendidos entre Marzo del 2010 hasta Marzo del 2011.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador y en la Provincia de Tungurahua la Industria de Producción del Chocolate en tabletas ha crecido de manera considerable, razón por la cual se han incrementado también las pequeñas y medianas industrias, esto ha ocasionado que el estudio del proceso de producción del chocolate resulte sumamente importante. En la industria Ecuatoriana la fabricación de chocolate es muy amplia debido a la excesiva demanda del producto. El proceso de producción de chocolate es un mercado importante para la ciudad, debido a que la gran parte de artesanos que viven en esta ciudad se dedican a la fabricación del mismo.

Las técnicas que actualmente se utilizan para la fabricación de chocolate son inadecuadas, debido a la evidente paralización de la producción y consecuentemente a la pérdida de tiempo que existe en algunas empresas, esto ocasiona que la empresa no se desarrolle de manera eficiente y adecuada, razón por la cual los propietarios no obtienen la rentabilidad que esperan.

En muchas ocasiones las fábricas productoras de chocolate manejan procesos de producción obsoletos, esto hace que de una u otra manera exista poco interés por desarrollar un adecuado manejo tanto de materia prima, maquinaria e implementos existentes en la fábrica, razón por la cual resulta importante el estudio del proceso de mezclado del chocolate en la empresa.

Mediante dicho estudio se podrá controlar el sistema de mezclado del chocolate y así lograr un correcto desempeño y funcionamiento de la empresa.

Este trabajo de investigación tiene también como propósito averiguar el proceso de producción existente llevado a cabo por la empresa productora de chocolate en la región, también se indaga todo lo referido a la utilización de materia prima, la comercialización y el mejoramiento del producto.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio del proceso de mezclado del chocolate para optimizar la producción en la fábrica Carolina de la ciudad de Ambato.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Optimizar el proceso de producción del chocolate en tabletas en la fábrica Carolina.
- Localizar los pasos inadecuados en el proceso de mezclado del chocolate.
- Lograr una mezcla homogénea para obtener un producto final de calidad.
- Proponer mejoras en el proceso de mezclado en la fabricación del chocolate en tabletas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

El chocolate (náhuatl: xocolatl) (maya: chocolhá) es el alimento que se obtiene mezclando azúcar con dos productos derivados de la manipulación de las semillas del cacao: una materia sólida (la pasta de cacao) y una materia grasa (la manteca de cacao). A partir de esta combinación básica, se elaboran los distintos tipos de chocolate, que dependen de la proporción entre estos elementos y de su mezcla o no con otros productos tales como leche y frutos secos.

La transformación del cacao y la producción de chocolate son dos procesos diferentes que, aunque ligados, requieren diferentes procedimientos para obtener los productos finales. La transformación de cacao significa básicamente convertir el cacao en grano en cacao sin cáscara, licor, manteca, torta y polvo. La fabricación de chocolate incluye la mezcla y refinado del licor de cacao, la manteca de cacao y otros ingredientes tales como la leche y el azúcar.

2.1.1 PROCESO INDUSTRIAL DEL CHOCOLATE

Los métodos de manufactura difieren en detalle de planta a planta, pero se identifica un patrón de comportamiento. Para el proceso industrial se requiere

grano sometido a un proceso de beneficio, que incluye las etapas de desgrane, fermentación y secado.

El beneficio del cacao es la etapa más importante del proceso de producción del chocolate, en la medida en que la presentación y la calidad de la almendra dependen de este proceso. Un cacao con buena presentación y calidad tiene un alto precio en el mercado. La recolección es el primer paso en el buen beneficio del cacao. El cacao debe recogerse cuando está maduro, lo cual se establece por el color.

La recolección debe hacerse semanalmente o cada 15 días para evitar la sobremaduración. Las mazorcas cosechadas deben amontonarse en un lugar apropiado o directamente bajo el árbol para extraerle el grano.

Principales en el procesamiento del cacao dos criterios: sabor y textura. El primero se refiere a la importancia de obtener un chocolate que no posea un sabor extremadamente amargo y a lograr un aroma que sea del gusto del consumidor; la textura se refiere al hecho que el chocolate debe ser sólido entre los 20 y 25 grados centígrados y debe fundirse rápidamente en la boca a 37 grados centígrados.

El proceso industrial del chocolate inicia con la fermentación del cacao que tiene como fin la eliminación de la pulpa que recubre las habas de cacao. Este tiene una duración de 5 a 6 días, durante los cuales las habas de cacao se dejan al aire libre de modo que las levaduras y bacterias se desarrollen produciendo la degradación de azúcares y mucílagos de la pulpa.

Posterior a la fermentación, se inicia con el secado de las habas de cacao que busca reducir el contenido de humedad, para que se pueda continuar con la fermentación interna, disminuir el amargor y potenciar al máximo el aroma. Este proceso se puede llevar a cabo en dos formas: la primera consiste en esparcir las habas al sol y la segunda se hace por medio de secadores mecánicos hasta alcanzar un 7% de contenido de humedad.

Luego del secado, se procede a realizar una limpieza a las habas de cacao a fin de eliminar materiales extraños como arena o piedras, con el fin de darle una buena presentación y mejorar su valor comercial. Luego se empaca y deposita en un lugar suficientemente ventilado, libre de humedad y malos olores mientras va al mercado.

Las habas de cacao son sometidas al proceso de tostado, proceso que realiza ya la industria procesadora, cuyos objetivos son lograr un aroma óptimo y reducir la dureza de la almendra de cacao para facilitar la trituration y finalmente la separación de las cubiertas de las habas de la almendra de cacao. El tueste se realiza a través de diferentes métodos como aire caliente, vapor saturado, radiación infrarroja, etc. Con el tostado de las habas de cacao termina la primera fase de transformación del cacao hacia el chocolate.

La segunda fase del proceso industrial de chocolate es la molturación, que consiste en la trituration de la almendra de cacao en partículas de diferentes tamaños, separables entre sí por medios mecánicos, para luego pasar a la trituration de la almendra a través de la utilización de diferentes herramientas como rodillos estriados, molinos de masas, molinos de palas, molinos de discos, extrusores y molinos de bolas hasta conseguir una masa fina y homogénea que se denomina pasta o licor de cacao, el cual se dirige principalmente a la producción de chocolates. El licor de cacao se somete a un proceso de filtración mediante el cual se separa las tortas, o sólidos de cacao, de la manteca de cacao (líquido). En promedio con 1.000 kilos de cacao en grano se obtienen 800 de licor de cacao.

Posteriormente siguen las fases de prensado y amasado. El prensado es el proceso donde la pasta de cacao es desengrasada utilizando prensas horizontales, las cuales contienen cámaras que son llenadas por bombeo de pasta de cacao. Así, la pasta finamente molida, a una temperatura de 90 a 100 grados centígrados, se somete a presiones de 900 kg/cm a través de émbolos de acero. El resultado de este proceso es la manteca de cacao y la torta de cacao. Así, de los 800 kilos mencionados de licor se obtienen cerca de 377 kilos de manteca y 423 de torta, en promedio.

La manteca de cacao constituye la materia grasa contenida en los granos, la cual se centrifuga, atempera o cristaliza y por último, se moldea y empaca, éste es un producto intermedio y final a la vez, ya que puede ser utilizado en estado líquido en una fase posterior del proceso industrial del chocolate o puede ser llevado al consumidor final en estado sólido como manteca de cacao natural o desodorizada. La manteca de cacao representa cerca del 25% del peso total de una barra de chocolate, teniendo mucha importancia para la industria del chocolate. Su éxito al resistir la oxidación y ponerse rancia, la hace muy práctica.

Bajo las condiciones de almacenamiento normales, puede guardarse manteca de cacao durante varios años sin que se deteriore.

La torta de cacao, después de ser enfriada, es triturada obteniendo el cacao en polvo o cocoa, que se utiliza para la producción de materiales de recubrimiento, relleno, preparaciones prefabricadas de pastelería, polvos para bebidas o como producto final. El polvo de cacao puede tener un contenido de manteca de cacao del 10%. "La cocoa del desayuno", un tipo menos común, debe contener como mínimo un 22% de manteca de cacao.

El amasado es el proceso de mezclado y refinado de pasta de cacao, azúcar molida o granulada y leche en polvo. Cuando el amasado incluye el uso de leche en polvo se obtiene un producto intermedio denominado (miga) que es la base para obtener chocolate de leche.

En la última fase se realizan los procesos de refinamiento y atemperado. El refinamiento consiste en moler la pasta de cacao para que se componga de partículas más finas, el atemperado consiste en el enfriamiento de las coberturas, buscando lograr la dureza final adecuada para el chocolate y mejorar el aspecto visual y la sensación en el paladar. Durante este proceso se cristaliza la manteca de cacao; consiste en elevar la temperatura de la cobertura para luego enfriarla a temperatura ambiente y por último agregar chocolate líquido caliente para elevar nuevamente la temperatura de la cobertura a la cual se mantendrá para ser llevada al moldeado. El atemperado permite al cristalizar la manteca de cacao en una masa fina y homogénea, obtener la consistencia adecuada a la cobertura, si no se

toma esta precaución, el producto moldeado desarrollará grandes cristales de grasa que le darían una consistencia granulosa. Finalmente, el chocolate atemperado pasa a las salas de moldeado; en donde se tienen moldes de las más variadas formas y dimensiones. Los moldes una vez enfriados, se dan vuelta para liberar el producto que pasa a ser envuelto y puesto en su embalaje de presentación.

El portafolio de productos de las empresas dedicadas al procesamiento de cacao incluye desde el cacao en grano, productos semielaborados (manteca, licor y torta de cacao) y productos finales como golosinas de chocolate, coberturas de chocolates, bebidas achocolatadas y principalmente el chocolate de mesa, el cual no requiere tecnología de punta y es suficiente para abastecer la demanda nacional, además de ser el principal producto de las compañías medianas y pequeñas dedicadas a la producción de chocolate.

Dentro de los productos intermedios se encuentran la pasta o licor de cacao la cual es un semiproducto de la industria de chocolate y como se mencionó en el proceso industrial, se deriva del descascarillado y molturación de los granos de cacao. Esta pasta generalmente se moldea en bloques, panes o tabletas y en esta forma la industria lo vende a confiteros y reposteros, pero se utiliza sobre todo para la preparación de manteca y polvo de cacao o para la industria de chocolate mezclada con azúcar.

La manteca de cacao se presenta corrientemente en forma de placas y es utilizada en chocolatería para enriquecer la pasta de cacao, siendo precisamente su disponibilidad la que llevó a la fabricación de chocolate. En confitería la manteca de cacao es utilizada para la preparación de algunos caramelos, en perfumería para la extracción de perfumes por el procedimiento de enflorado y para la fabricación de cosméticos y en farmacia para la preparación de cremas y jabones.

El producto final de la cadena es el chocolate el cual se presenta en forma de bloques, tabletas, barras, barritas, pastillas, croquetas, granulados, polvo o bien en productos como bombones rellenos de cremas, frutos, licores, entre otros. Dentro de estos se encuentra el chocolate de mesa, el cual es presentado en pastilla y puede ser amargo o dulce, y el cacao en polvo, que procede de la pulverización de

la pasta de cacao, el cual se presenta azucarado o sin azúcar. Se estima que las dos terceras partes de la producción de cacao en grano se destinan a la producción de chocolate y un tercio a la producción de polvo de cacao.

En el caso del chocolate para mesa, el cacao molido es mezclado con azúcar y esencias, para la producción de confites o coberturas de chocolate, se mezcla el licor de cacao con azúcar, leche y manteca de cacao. Para las chocolatinas, se parte de granos de cacao secos y fermentados y dependiendo del resultado deseado se definen las mezclas a utilizar y se realiza el proceso hasta obtener la masa de cacao, resultado de la combinación de leche en polvo, azúcar y manteca de cacao. Esta masa se atempera, moldea, enfría, desmolda y empaqueta. En el caso de las chocolatinas blancas, la base del producto son la leche y la manteca de cacao, a los que se les adiciona azúcar y algunas veces vainilla, al igual que el chocolate negro. Sin embargo, la chocolatina blanca no contiene los sólidos del chocolate; el chocolate de leche es hecho de licor de cacao, manteca de cacao, azúcar, leche y adición de saborizantes.

En resumen, la calidad del chocolate, sabor y aroma, depende de varios factores: el tipo de cacao utilizado y la forma como haya sido fermentado; la cuidadosa realización de los procesos industriales y la mezcla que se utilice para la fabricación. El tipo de cacao es fundamental para determinar el sabor y aroma del licor, pero mejora sus propiedades si el Cacao en Grano efectúa un apropiado proceso de poscosecha, es especial de fermentación. Prácticas inadecuadas de fermentación, secado o almacenamiento pueden determinar la aparición de malos olores, tales como moho, ahumado, excesiva acidez y exagerado amargo y astringencia. La diversidad de operaciones industriales mencionadas tiene significativa incidencia en la calidad del producto final, pero en la fase industrial del tueste y el prensado son los procesos básicos para el desarrollo y mantenimiento de la calidad y del aroma. Y sin lugar a dudas, la fórmula, o mezcla utilizada es el aspecto fundamental para la calidad y para la obtención de las características peculiares que se quieren dar al chocolate (gráfico 2.1).

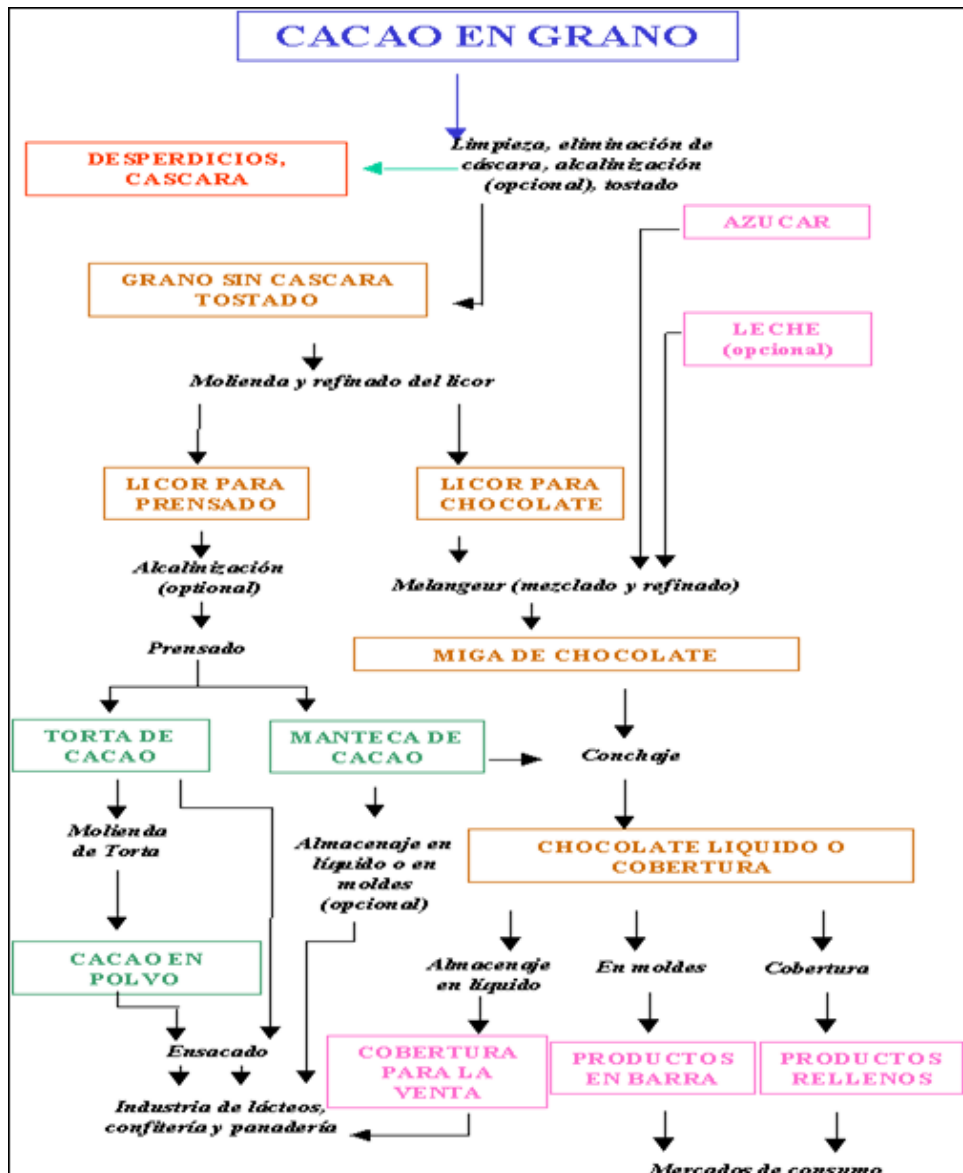


Gráfico 2.1 Proceso de producción del chocolate

[Fuente: STEFFE, James F, Ph.D., “Rheological Methods In Food Process Engineering”. 2a ed., Ed FreemanPress, USA, 1992]

Para preparar el chocolate era indispensable el molinillo: un batidor de madera con el que se revolvía la bebida de cacao para hacerla más homogénea, fina y espumosa. El proceso de elaboración desarrollado por los españoles a comienzos del siglo XVIII consistía en lo siguiente: una vez tostado, descascarillado y molido, la masa del cacao era molida hasta dejarla convertida en una fina pasta y mezclada con mucho azúcar, canela, vainilla, almizcle y colorantes. Se daba al

chocolate forma de bloques, pero aún así se utilizaba básicamente para preparar bebidas y apenas se empleaba como golosina o para hacer pasteles. En 1755 los estadounidenses descubren el chocolate. La primera fábrica fue fundada en 1765. Quaker Milton Hershey introduce la tableta de chocolate con leche y almendras a principios del siglo XX.

2.1.2 CHOCOLATE EN TABLETA

a. Chocolate negro: (llamado también chocolate fondant; chocolate amargo; chocolatebitter; chocolate puro): es el chocolate propiamente dicho, pues es el resultado de la mezcla de la pasta y manteca del cacao con azúcar, sin el añadido de ningún otro producto (exceptuando el aromatizante y el emulsionante más arriba citados). Las proporciones con que se elabora dependen del fabricante. No obstante, se entiende que un chocolate negro debe presentar una proporción de pasta de cacao superior, aproximadamente, al 50% del producto, pues es a partir de esa cantidad cuando el amargor del cacao empieza a ser perceptible. En cualquier caso, existen en el mercado tabletas de chocolate negro con distintas proporciones de cacao, llegando incluso hasta el 99%, (gráfico 2.2)



Gráfico 2.2 Chocolate negro

[Fuente:STEFFE, James F, Ph.D., “Rheological Methods In Food Process Engineering”. 2a ed., Ed FreemanPress, USA, 1992]

b. Chocolate de cobertura: es el chocolate que utilizan los chocolateros y los pasteleros como materia prima. Puede ser negro o con leche, pero en todo caso se trata de un chocolate con una proporción de manteca de cacao de alrededor del 30%, lo que supone el doble que en los otros tipos de chocolate. La cobertura se usa para conseguir un alto brillo al templar el chocolate y porque se funde fácilmente y es muy moldeable (gráfico 2.3)



Gráfico 2.3 Chocolate de cobertura

[Fuente: STEFFE, James F, Ph.D., “Rheological Methods In Food Process Engineering”. 2a ed., Ed Freeman Press, USA, 1992]

c. Chocolate a la taza: es el chocolate negro (normalmente, con una proporción de cacao inferior al 50%), al que se le ha añadido una pequeña cantidad de fécula (normalmente, harina de maíz) para que a la hora de cocerlo aumente su espesor. Suele disolverse en leche. Hoy en día, es posible encontrar también este chocolate en los comercios en forma ya líquida.

d. Chocolate con leche: es el derivado del cacao más popular. Se trata, básicamente, de un dulce, por lo que la proporción de pasta de cacao suele estar por debajo del 40%. No obstante, buena parte de las más importantes marcas de chocolate producen tabletas de chocolate con leche con proporciones de cacao inusuales, por encima incluso del 50%, dirigidas tanto al mercado de los gourmets como al negocio de la pastelería. El chocolate con leche, como su nombre indica, lleva leche añadida, en polvo o condensada.

e. Chocolate blanco: estrictamente, no se trata de chocolate como tal, pues carece en su composición de la pasta de cacao, que es la materia que aporta las propiedades del cacao. Se elabora con manteca de cacao (por lo menos, el 20%), leche (en polvo o condensada) y azúcar. Es un producto extremadamente energético y dulce (no posee gusto amargo). Visualmente muy atractivo, es un elemento decorativo muy usado en la repostería.

f. Chocolate relleno: como indica la expresión, es una cubierta de chocolate (en cualquiera de sus variantes y con un peso superior al 25% del total) que recubre frutos secos (avellanas, almendras...), licores, frutas, etc., así como galletas tipo waffer.

2.1.3 DEFINICIÓN DE UN FLUIDO

Se define al fluido como una sustancia que se deforma continuamente bajo la acción de un esfuerzo de corte, por tanto, en ausencia de éste, no habrá deformación. “Los fluidos pueden clasificarse de manera general de acuerdo con la relación entre el esfuerzo de corte aplicado y la relación de deformación”

Consideremos un elemento de fluido entre dos placas paralelas infinitas. La placa superior se mueve a una velocidad constante, dv , bajo la influencia de una fuerza aplicada constante, dF_x . El esfuerzo de corte τ_{yx} aplicado al elemento de fluido está dado por:

$$\tau_{yx} = \lim_{\delta A_y \rightarrow 0} dF_x / \delta A_y = dF_x / \delta A_y$$

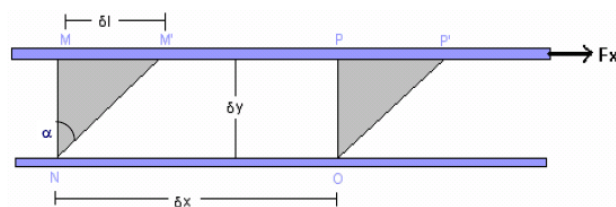


Gráfico 2.4 Detalle del movimiento del fluido

[Fuente: Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum.]

dondedAy es el área del elemento de fluido en contacto con la placa. Durante el intervalo de tiempo dt el elemento de fluido se deforma de la posición MNOP a la posición M'NOP'.

La relación de deformación del fluido está dada por:

$$\text{Relación de deformación} = \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{d\alpha}{dt} = \frac{d\alpha}{dt} \quad (\text{Ec.1.1})$$

2.1.4 VISCOSIDAD

Es una medida de la fricción interna del fluido, esto es, la resistencia a la deformación. La viscosidad es una manifestación del movimiento molecular dentro del fluido. Las moléculas de regiones con alta velocidad global chocan con las moléculas que se mueven con una velocidad global menor, y viceversa. Estos choques permiten transportar cantidad de movimiento de una región de fluido a otra. Ya que los movimientos moleculares aleatorios se ven afectados por la temperatura del medio, la viscosidad resulta ser una función de la temperatura.

$$\mu = f(T)$$

En la mecánica de fluidos se emplea muy frecuentemente el cociente de la viscosidad absoluta, μ , entre la densidad, ρ . Este cociente recibe el nombre de viscosidad cinemática y se representa mediante el símbolo ν .

2.1.5 TIPOS DE FLUIDOS

a) FLUIDOS NEWTONIANOS

Los fluidos en que los esfuerzos de corte es directamente proporcional a la tasa de deformación son fluidos newtonianos. Los fluidos más comunes tales como el

agua, el aire y la gasolina son newtonianos en condiciones normales. Si el fluido de la figura anterior es newtoniano entonces:

$$\tau_{yx} = \mu dv/dy \quad (\text{Ec. 1.2})$$

Si consideramos la deformación de dos fluidos newtonianos diferentes, digamos glicerina y agua podemos darnos cuenta de que se deformarán a diferentes proporciones ante la acción del mismo esfuerzo de corte aplicado. La glicerina presenta una resistencia mucho mayor a la deformación que el agua y por ello podemos decir que es mucho más viscosa. La constante de proporcionalidad de la ecuación (2) es la viscosidad absoluta (dinámica), μ .

b) FLUIDOS NO NEWTONIANOS (FNN)

Los fluidos en los cuales el esfuerzo de corte no es directamente proporcional a la relación de deformación son no newtonianos. Por lo común, los fluidos no newtonianos se clasifican con respecto a su comportamiento en el tiempo, es decir, pueden ser dependientes del tiempo o independientes del mismo.

c) FLUIDOS NO NEWTONIANOS (FNN) INDEPENDIENTES DEL TIEMPO

Un gran número de ecuaciones empíricas se han propuesto para modelar las relaciones observadas entre τ_{yx} y dv/dy para fluidos independientes del tiempo.

Pueden representarse de manera adecuada para muchas aplicaciones de la ingeniería mediante un modelo de la ley de potencia, el cual se convierte para un flujo unidimensional en:

$$\tau = K \left(\frac{dv}{dy} \right)^n \quad (\text{Ec. 1.3})$$

Donde:

El exponente n se llama índice de comportamiento del flujo y K es el índice de consistencia. Ambos se determinan experimentalmente.

Esta ecuación se reduce a la ley de viscosidad de newton para $n = 1$ y $k = \mu$.

Si la ecuación (3) se rescribe de la forma:

$$\tau = K \left(\frac{dv}{dy} \right)^{n-1} \left(\frac{dv}{dy} \right)$$

Y haciendo $\eta = K \left| \frac{dv}{dy} \right|^{n-1}$

Nos queda:

$$\tau = \eta \left(\frac{dv}{dy} \right) \quad (\text{Ec. 1.4})$$

η se denomina viscosidad aparente.

La mayor parte de los fluidos no newtonianos tienen viscosidades aparentes que son relativamente altas comparadas con la viscosidad del agua.

d) FLUIDOS SEUDOPLÁSTICOS

Los fluidos en los cuales la viscosidad aparente disminuye con el aumento de la relación de deformación ($n < 1$) se llaman pseudoplásticos. Casi todos los fluidos no newtonianos entran en este grupo; los ejemplos incluyen soluciones poliméricas, suspensiones coloidales y pulpa de papel en agua.

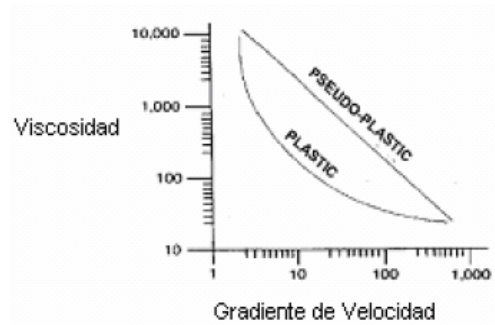


Gráfico 2.5 Comportamiento de fluidos seudoplásticos

[Fuente: Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum.]

e) FLUIDOS DILATANTES

Si la viscosidad aparente aumenta con el incremento de la relación de deformación ($n > 1$) el fluido se nombra dilatante. Ejemplo: Suspensiones de almidón, suspensiones de arena

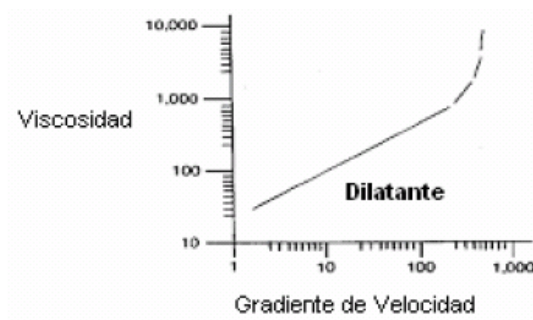


Gráfico 2.6 Comportamiento de fluidos dilatantes

[Fuente: Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum.]

f) FLUIDOS PLÁSTICO DE BINGHAM O IDEAL

El fluido que se comporta como un sólido hasta que se excede un esfuerzo de deformación mínimo τ_y y exhibe subsecuentemente una relación lineal entre el esfuerzo y la relación de deformación se conoce como plástico de Bingham ideal. Ejemplo: Las suspensiones de arcilla, lodos de perforación, pasta de dientes.

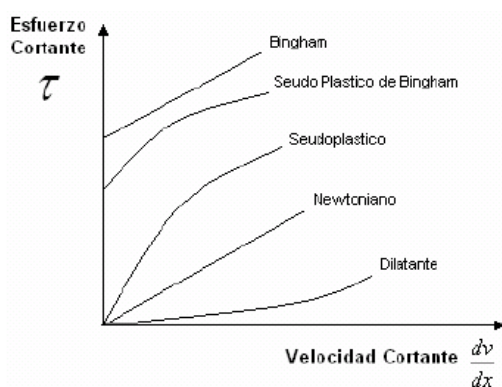


Gráfico 2.7 Diagramas reológicos de los fluidos no newtonianos

[Fuente: Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum.]

g) FLUIDOS NO NEWTONIANOS (FNN) DEPENDIENTES DEL TIEMPO

El estudio de fluidos no newtonianos dependientes del tiempo es aún más complicado por el hecho de que la variación en el tiempo de la viscosidad aparente es posible.

h) FLUIDOS THIXOTRÓPICOS

Los fluidos thixotrópicos muestran una reducción de η con el tiempo ante la aplicación de un esfuerzo de corte constante. Ejemplo: Pinturas, Shampoo, yogurt, resinas de poliéster, tintas, pasta de tomate.

i) FLUIDOS REOPÉCTICOS

Los fluidos reopécticos muestran un aumento de η con el tiempo. Ejemplo:
Algunas sustancias bituminosas como betunes y ceras.

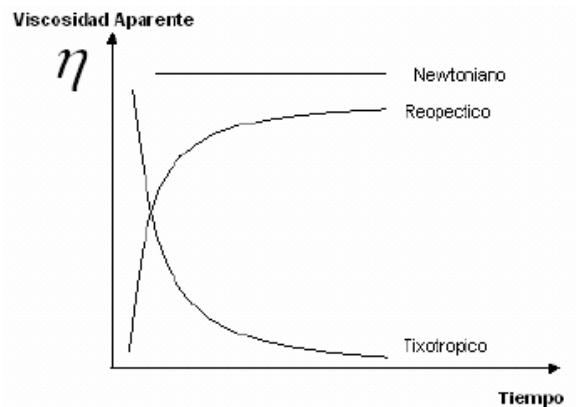


Gráfico 2.8 Comportamiento de los fluidos reopécticos

[Fuente: Mecánica de fluidos e hidráulica. Ronald V. Giles. Shaum.]

j) FLUIDOS VISCOELÁSTICOS

Después de la deformación, algunos regresan parcialmente a su forma original cuando se libera el esfuerzo aplicado. A tales fluidos se les llama viscoelásticos.
Ejemplo: Soluciones acuosas y celulósicas de methyl y algunos pegamentos industriales.

2.1.6 LA MEZCLA

El mezclado y/o agitación de líquidos miscibles o de sólidos en líquidos se efectúa con el objeto de lograr una distribución uniforme de los componentes entre sí por medio del flujo. Dicho flujo es producido por medios mecánicos generalmente

cuando se mezclan líquidos miscibles o sólidos en líquidos se puede lograr un mezclado íntimo, pero con líquidos inmiscibles y materiales muy viscosos o pastosos el grado de mezclado logrado es menor.

La eficiencia del proceso de mezclado depende de una efectiva utilización de la energía que se emplea para generar el flujo de componentes. Para lograr proporcionar un suministro de energía adecuado hay que considerar las propiedades físicas de los componentes, el diseño del agitador que transmite la energía y la configuración del tanque de mezclado. Los materiales a ser mezclados pueden ser líquidos de muy baja viscosidad hasta pastas altamente viscosas.

2.1.7 TIPOS DE MEZCLAS

a. Mezclas positivas.-están formadas por materiales, como gases o líquidos inmiscibles, que se mezclan de forma espontánea e irreversible por difusión, y que tienden a aproximarse a la mezcla perfecta. Cuando el tiempo de mezclado es ilimitado, no es necesario aplicar energía para conseguir mezclas positivas, aunque sí se puede aplicar la energía si se desea acortar el intervalo preciso para obtener el grado de mezcla deseado. En general, los materiales que forman las mezclas positivas no plantean problemas durante la fabricación del producto.

b. Mezclas Negativas.- los componentes tienden a separarse. Si ello ocurre con rapidez, será necesario un aporte continuo de energía para mantener la dispersión adecuada de los componentes. En otras mezclas negativas, los componentes tienden a separarse con gran lentitud, por ejemplo las emulsiones, cremas, y suspensiones viscosas. Las mezclas negativas son más difíciles de producir y mantener, y requieren un grado mayor de eficiencia de mezclado que las mezclas positivas, son las que tienen un comportamiento estático, de forma que sus componentes no tienden a mezclarse de forma espontánea, ni a segregarse una vez lograda la mezcla, ejemplos de este tipo de mezclas son los polvos mezclados, las

pastas, y las pomadas. El tipo de mezcla puede cambiar durante el procesamiento. Por ejemplo, si la viscosidad aumentara, la mezcla podría cambiar de negativa a neutra. De la misma forma, si el tamaño de las partículas, o el grado de la tensión superficial del líquido varían, también podrá hacerlo el tipo de mezcla. La situación ideal o muestra perfecta, sería el estado en que cada partícula se encontrara junto a una partícula del otro componente.

En la práctica, es probable que los componentes del mejor tipo de mezcla factible aparecieran distribuidos de una forma aleatoria. Este tipo de mezclas se llama mezcla aleatoria y se define como una mezcla en la que la probabilidad de seleccionar un tipo concreto de partícula es la misma en todas las posiciones de la mezcla e igual a la porción de dichas partículas en la mezcla total.

c. Mezclas neutras.- es el parámetro utilizado para caracterizar el grado de mezcla alcanzado, es decir el grado de homogeneidad.

2.1.8 VALORACION DEL GRADO DE MEZCLA

Los fabricantes necesitan algún medio para controlar el proceso de mezclado por varias razones, entre las que se encuentran las siguientes: indicar el grado/magnitud del mezclado, controlar el proceso de mezclado, indicar el momento en que el mezclado se considera suficiente, valorar la eficiencia de un mezclado y determinar el tiempo de mezclado necesario para un proceso concreto

Los tres mecanismos por los que se mezclan los líquidos son: transporte de volumen, mezcla por turbulencia y difusión molecular

a. Transporte de volumen.-es similar a la mezcla por convección de los polvos e implica el movimiento de una cantidad relativamente grande de material de una posición a otra dentro de la mezcla.

b. Mezcla por turbulencia.- son consecuencia del movimiento aleatorio de las moléculas cuando se ven forzadas a desplazarse de manera turbulenta. Los cambios constantes de velocidad y dirección del movimiento hacen que la turbulencia inducida sea un mecanismo de mezclado muy efectivo. Sin embargo, dentro de un líquido turbulento se forman pequeños conjuntos de moléculas que se mueven al unísono, formando unidades llamadas remolinos. Estos remolinos tienden a disminuir de tamaño y acaban por desintegrarse para ser sustituidos por otros nuevos. Por tanto, la mezcla por turbulencia sola puede contener pequeñas áreas no mezcladas en el interior de los remolinos y en las áreas próximas a la superficie del envase, en las que se produce una corriente de flujo lineal.

c. Difusión molecular.- esta ocurre en los líquidos miscibles siempre que existe un gradiente de concentración y acaba por dar lugar a un producto bien mezclado, aunque para ello se precisara un tiempo considerable, si éste es el único mecanismo de mezcla. En la mayoría de los mezcladores suceden los tres mecanismos; el transporte de volumen y la turbulencia se deben al movimiento de un agitador o de una pala mezcladora programados a una velocidad adecuada.

2.1.9 MEZCLA DE LIQUIDOS Y SUSPENSIONES MISCIBLES

Los líquidos móviles de escasa viscosidad se mezclan fácilmente entre sí. De igual forma, las partículas sólidas se suspenden con facilidad en los líquidos móviles, aunque es probable que también se sedimente con rapidez cuando se interrumpe el mezclado. Los líquidos viscosos son más difíciles de agitar y mezclar, pero la velocidad de sedimentación de las partículas suspendidas en ellos es menor.

2.1.10 TIPOS DE MEZCLADORES

a. Mezcladores de propulsión.- un equipo de uso frecuente para mezclar líquidos a escala media es el agitador propulsor, que puede adaptarse al borde de un vaso. El propulsor tiene hojas anguladas que obligan al líquido a circular en dirección tanto axial como radial. Un dispositivo descentrado dificulta la formación de remolinos, que pueden aparecer cuando el agitador se monta en el centro del recipiente. Los remolinos aparecen cuando la fuerza centrífuga aplicada al líquido por las hojas del propulsor hace que aquel se aplique a la pared del vaso y cree una depresión central. Cuando la velocidad de rotación aumenta, el líquido puede aspirar aire al formar el remolino, dando lugar a la formación de espuma y a una posible oxidación.

b. Mezcladores de turbinas.- Los mezcladores de turbinas pueden usarse para líquidos más viscosos. El impulsor tiene cuatro hojas planas rodeadas por un anillo difusor interno y otro externo. El impulsor rotatorio dirige al líquido hacia la cabeza del mezclador y lo fuerza a pasar a través de las perforaciones con una velocidad radial considerable, suficiente para suspender la inercia viscosa de la masa del líquido. Un inconveniente es la ausencia de componente axial, pero si se desea puede adaptarse una cabeza diferente con las perforaciones apuntadas hacia arriba. Los mezcladores de este tipo suelen adaptarse a los vasos utilizados para la producción a gran escala de emulsiones y cremas.

c. Mezcladores en línea.- Como alternativa a la mezcla de líquidos en vasos lote tras lote, los componentes miscibles móviles pueden añadirse a través de un mezclador “en línea” diseñado para crear turbulencia en la corriente de un líquido que fluye. De este modo es posible lograr un proceso de mezclado continuo.

2.1.11 TRAYECTORIA DEL FLUJO EN LA AGITACIÓN

Cualquiera que sea el tipo de impulsor propulsor seleccionado éste debe crear condiciones turbulentas dentro de la corriente móvil del fluido.

La velocidad de un líquido en un tanque agitado tiene 3 componentes: a) uno radial que actúa en una dirección perpendicular al eje, b) una longitudinal que actúa paralela al eje y c) una rotacional que actúa en dirección tangencial al círculo de rotación del eje. Las dos primeras componentes generalmente contribuyen al mezclado pero la tercera puede no hacerlo. Cuando los impulsores-agitadores se montan verticalmente en el centro del tanque, casi siempre se desarrolla una trayectoria de flujo circular tipo remolino, que desarrolla un vórtice (Fig.3 a) y que atrapa aire, lo cual es indeseable generalmente.

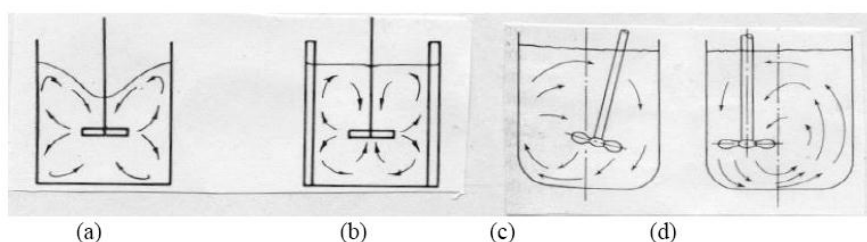


Gráfico 2.9 Trayectorias de flujo en tanques cilíndricos

[Fuente: Mc Cabe, W.L., Smith, J.C. y Harriott, P. (1985). Unit Operations of Chemical Engineering. 4ª Ed. Mc Graw-Hill International Editions. Nueva York.]

2.1.12 EQUIPO

Generalmente los líquidos se agitan en un recipiente cilíndrico que puede estar cerrado o abierto. La altura del líquido debe equivaler en forma aproximada al diámetro del tanque. Un motor eléctrico impulsa al propulsor agitador, que está

montado en un eje. El agitador propulsor de tres aspas es uno de los más conocidos, hay de tipo marino, similar al de la hélice de un motor fuera de borda para lanchas. El agitador puede ser móvil para introducirlo lateralmente en el tanque o estar montado en la pared de un tanque abierto, en posición desplazada del centro. Estos agitadores giran a velocidades de 400 a 1750 rpm y son apropiados para líquidos de baja viscosidad.

a. Agitadores de paletas.- Para velocidades de 20 a 200 rpm se emplean diversos tipos de paletas. Se tienen sistemas de dos a cuatro paletas planas. La longitud total del propulsor de paletas mide del 60 al 80% del diámetro del tanque y la anchura de la paleta es de 1/6 a 1/10 de su longitud. A bajas velocidades se consigue una agitación suave en un recipiente sin deflectores. A velocidades más altas se usan deflectores ya que sin ellos el líquido hace remolinos y casi no se mezcla. El agitador de paletas no es efectivo para sólidos en suspensión porque aunque hay un buen flujo radial, hay un poco de flujo axial o vertical. Se suele usar una paleta de ancla o compuerta, la cual barre o raspa las paredes del tanque y a veces su fondo. Es empleado con líquidos viscosos que pueden generar depósitos en las paredes y para mejorar la transferencia de calor hacia las mismas, pero no es un buen mezclador, ejemplos: pastas de almidón, pinturas, adhesivos y cosméticos.

b. Agitadores de turbina.- Cuando se procesan líquidos con amplia diversidad de viscosidades se usan turbinas semejantes a un agitador de paletas múltiples con aspas más cortas. El diámetro de una turbina suele medir del 30 al 50% del diámetro del tanque. Normalmente las turbinas tienen cuatro o seis aspas. Las turbinas con aspas planas producen un flujo radial. Para dispersar un gas en un líquido, el gas puede hacerse penetrar justo por debajo del propulsor de la turbina en su eje, de esa manera las paletas dispersan el gas en muchas burbujas finas. La turbina de hojas inclinadas con las aspas a 45°, se imparte cierto flujo axial, de modo que hay una combinación de flujos radial y axial. Este tipo es útil para sólidos en suspensión, ya que las corrientes fluyen hacia abajo y luego levantan los sólidos depositados.

c. Agitadores de banda helicoidal.- Este tipo de agitadores se usa para soluciones sumamente viscosas y opera a pocas rpm, en la región laminar. La banda se forma en una trayectoria helicoidal y está unida a un eje central. El líquido se mueve en una trayectoria de flujo tortuosa hacia abajo en el centro y hacia arriba a los lados, con movimiento de giro. Otros tipos semejantes son el de banda helicoidal doble y el de banda helicoidal con tornillo.

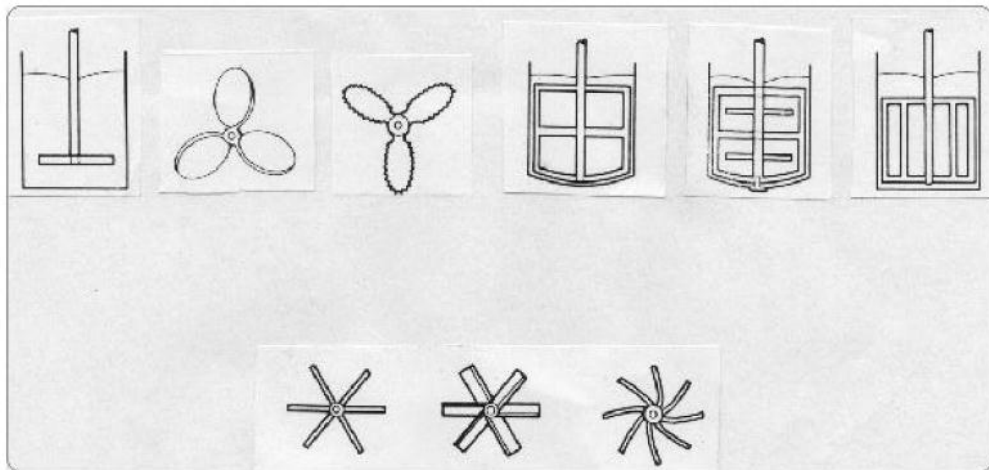


Fig. 1. Algunos impulsores típicos: (a) de paleta, (b) propela marina, (c) propela marina dentada, (d) de ancla, (e) de paletas contrarrotatorias, (f) de compuerta, (g) turbina recta, (h) turbina inclinada, e i) turbina curva.

Gráfico 2.10 Tipos de agitadores

[Fuente: Mc Cabe, W.L., Smith, J.C. y Harriott, P. (1985). Unit Operations of Chemical Engineering. 4ª Ed. Mc Graw-Hill International Editions. Nueva York.]

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

El proceso de fabricación de chocolate es un mercado importante a nivel mundial, esto debido a la tecnología utilizada actualmente en el campo de producción.

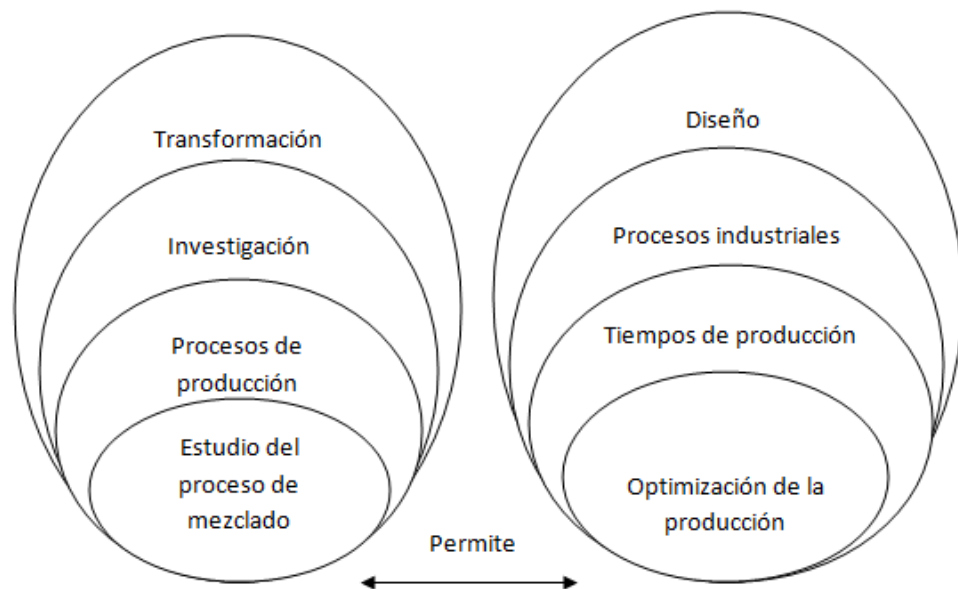
Debido a que la ingeniería tanto mecánica como de materiales ha estado evolucionando, el estudio del proceso de mezclado del chocolate resulta importante, tanto es así que pequeños y grandes productores de este tipo de

producto han realizado grandes inversiones de dinero para un proceso completo y global de la producción de chocolate.

El estudio del proceso de mezclado del chocolate se basa principalmente en la investigación tanto técnica como científica, de manera que se pueda lograr una producción adecuada de la empresa y por tanto colaborar al país en el aspecto laboral.

Las empresas que han tenido éxito en el proceso de comercialización y producción del chocolate son aquellas que vienen aplicando de una u otra forma la estrategia de comercio exterior; y muchas otras con base a esta estrategia están cambiando su forma de pensar y por tanto de actuar, de hecho, están rediseñando todo el proceso tanto en el aspecto físico como en el espiritual para ser enfocado hacia los productores, clientes y hacerla eficiente para cumplirse y satisfacerles.

2.3 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



2.4 HIPÓTESIS

El estudio del proceso de mezclado del chocolate optimizará la producción en la fábrica Carolina de la ciudad de Ambato.

2.5 VARIABLES DEL ESTUDIO

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Optimización de la producción

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Estudio del proceso de mezclado

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente proyecto se realizará la investigación de manera cualitativa y cuantitativa.

La modalidad de la investigación que se realizará será:

- De Campo

Para el proceso de mezclado del chocolate es necesario un estudio sistemático de los hechos que se producen.

- Bibliográfico

Para lograr mejorar el proceso de mezclado del chocolate y optimizar la producción será necesaria la investigación en libros técnicos y científicos.

3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación que se realizará será:

- Exploratoria

Para analizar la situación del proceso de mezclado del chocolate

- Descriptiva

Para observar y describir los fenómenos incoherentes existentes en este proceso.

- Correlacional

Para seguir un proceso adecuado

- Explicativa

Para lograr la optimización adecuada del proceso de mezclado y mejorar la producción, se necesita de una descripción de pasos establecidos previo a todo un conjunto de investigación.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

En el sector de Huachi Chico del cantón Ambato existen pequeñas y medianas fábricas dedicadas a la elaboración del tradicional chocolate, ya que es la fuente principal de ingreso de los productores que viven en esta zona, razón por la cual el universo de este estudio es un poco extenso debido a la cantidad de quintales que se producen en esta zona.

Tomando en cuenta que se está realizando un estudio únicamente para una fábrica, se tomará en consideración una muestra de dos quintales y medio para efectos de ensayo de mezclado del chocolate.

La fábrica actualmente produce 20 quintales mensuales de chocolate, variando este dato con relación al tiempo de salida del producto de los sub distribuidores, lo cual es un factor principal para el mejoramiento y desarrollo de la misma.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.4.1 Variable independiente

Tabla N°3.1 Operacionalización de variable: Estudio del proceso de mezclado

[Fuente: Elaborado por el investigador]

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>El mezclado se efectúa con el objeto de lograr una distribución de los componentes entre sí por medio del flujo, dicho flujo es producido por medios mecánicos.</p> <p>Por medio del mezclado de fluidos se pueden realizar procesos en los cuales se pueden combinar dos fases ya sea líquido-líquido, líquido-sólido o sólidos pulverizados, estos procesos se llevan a cabo en tanques de forma cilíndrica los cuales tienen espas o paletas que sirven y facilitan el mezclado que utilizan velocidades de revoluciones por minuto.</p>	Distribución	¿Qué formas de distribución es necesario para la mezcla?	-Distribución uniforme -Distribución no uniforme	Investigación Directa
	Flujo	¿Qué tipos de flujo será adecuado en el proceso de mezclado?	-Flujo Radial -Flujo Axial	Investigación Directa
	Fases	¿Cuáles son las fases a utilizar en el proceso de mezclado?	-Líquido-Líquido -Líquido -sólido -Sólido pulverizado	Investigación Directa

3.4.2 Variable dependiente

Tabla N°3.2 Operacionalización de variable: Optimización de la producción

[Fuente: Elaborado por el investigador]

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>La optimización hace referencia a investigar los pasos adecuados para realizar una actividad o proceso. La capacidad de gestionar bien el tiempo es una habilidad que las empresas valoran cada vez más en sus trabajadores, ya que este factor mejora la productividad y la competitividad de la organización.</p>	Investigar	¿Existen investigaciones realizadas de algún proceso de producción en la fábrica?	<p>-Proceso de atemperado</p> <p>-Proceso de mezclado</p> <p>- Proceso de triturado</p>	Encuesta cuestionario
	Habilidades humanas	¿Qué habilidades tienen los trabajadores para realizar sus tareas?	<p>-Físicas</p> <p>-Mentales</p> <p>-Visuales</p>	Observación Directa

3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Según los datos obtenidos de las encuestas realizadas a los trabajadores que laboran en la fábrica, se tiene una clara idea de la situación en que se encuentra la misma, por tal razón y como es evidente, el estudio del proceso de mezclado resulta importante y a la vez beneficioso.

Se tomó también datos acerca de los procesos de producción y tiempos de trabajo que la Fábrica lleva a cabo, esto con el fin de tomar decisiones para optimizar la producción.

Tabla N° 3.3 Proceso de elaboración del chocolate en tabletas

[Fuente: Fábrica de chocolate Carolina]

PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CHOCOLATE EN TABLETAS					
ACTIVIDAD	OPERACIONES				
	○	⇒	□	D	▽
Traslado de la materia prima hacia el área de tostado		x			
Se realiza una limpieza de la materia prima (cacao)	x				
Alimentación con diesel al quemador	x				
Encender el quemador	x				
Tostado del cacao	x				
Enfriamiento a temperatura ambiente				x	
Trituración del cacao	x				
Pesar el cacao triturado	x				

Pesar el azúcar que va ha ser mezclado con el licor de chocolate	x				
Ajustar los molinos para moler el cacao	x				
Moler el cacao triturado	X				
Mezclar el licor de chocolate con azúcar	X				
Refinar el licor de chocolate una vez mezclado con el azúcar	X				
Transformar el licor de chocolate refinado en sólidos granulados	X				
Elaboración de tabletas de chocolate	X				
Empaque	X				
Producto terminado					X

Tabla N°3.4 Diagrama de Proceso Actual de elaboración del chocolate en tabletas

[Fuente: Fábrica de chocolate Carolina]

DATOS GENERALES EMPRESA: FÁBRICA DE CHOCOLATE CAROLINA PROCESO: FABRICACIÓN DEL CHOCOLATE EN TABLETAS FECHA: REALIZA:						RESUMEN				
						ACTIVIDADES		PROCESO ACTUAL		
								Nº	TIEMPO	DISTANCIA
						○	OPERACION	14	870 min.	0 m.
⇒	TRANSPORTE	2	10 min	7 m.						
□	INSPECCIÓN	1	180 min.	0 m.						
D	DEMORA	1	30 min.	0 m.						
▽	ALMACENAJE	1	-	0 m.						
ACTIVIDAD		DIAGRAMA DE PROCESO ACTUAL				OBSERVACIONES				
Nº Oper.	Trans. Ins. Dem. Alm.	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)							
1	○ ⇒ □ D ▽	5	3	Traslado de la materia prima hacia el área de tostado						
2	○ ⇒ □ D ▽	30	-	Se realiza una limpieza de la materia prima (cacao)						
3	○ ⇒ □ D ▽	2	-	Alimentación con diesel al quemador						
4	○ ⇒ □ D ▽	10	-	Encender el quemador						
5	○ ⇒ □ D ▽	160	-	Tostado del cacao						
6	○ ⇒ □ D ▽	30	-	Enfriamiento a temperatura ambiente						
7	○ ⇒ □ D ▽	120	-	Trituración del cacao						
8	○ ⇒ □ D ▽	180	-	Revisión de desechos en el cacao triturado						
9	○ ⇒ □ D ▽	5	4	Traslado hacia el área de molido						
10	○ ⇒ □ D ▽	5	-	Pesar el cacao triturado						
11	○ ⇒ □ D ▽	2	-	Pesar el azúcar que va ha ser mezclado con el licor de chocolate						
12	○ ⇒ □ D ▽	2	-	Ajustar los molinos para moler el cacao						
13	○ ⇒ □ D ▽	64	-	Moler el cacao triturado						
14	○ ⇒ □ D ▽	20	-	Mezclar el licor de chocolate con azúcar						
15	○ ⇒ □ D ▽	45	-	Refinar el licor de chocolate una vez mezclado con el azúcar						
16	○ ⇒ □ D ▽	120	-	Transformar el licor de chocolate refinado en sólidos granulados						
17	○ ⇒ □ D ▽	180	-	Elaboración de tabletas de chocolate						
18	○ ⇒ □ D ▽	120	-	Empaque						
19	○ ⇒ □ D ▽	-	-	Producto terminado						
	14 2 1 1 1	1100	7							

Tabla N°3.5 Diagrama de Proceso Propuesto de elaboración del chocolate en tabletas

[Fuente: Fábrica de chocolate Carolina]

DATOS GENERALES EMPRESA: FÁBRICA DE CHOCOLATE CAROLINA PROCESO: FABRICACIÓN DEL CHOCOLATE EN TABLETAS FECHA: REALIZA:						RESUMEN				
						ACTIVIDADES	PROCESO PROPUESTO			
							Nº	TIEMPO	DISTANCIA	
						○	OPERACION	14	852 min.	0 m.
						⇒	TRANSPORTE	2	10 min	7 m.
□	INSPECCIÓN	1	180 min.	0 m.						
D	DEMORA	1	30 min.	0 m.						
▽	ALMACENAJE	1	-	0 m.						
ACTIVIDAD		DIAGRAMA DE PROCESO ACTUAL				OBSERVACIONES				
Nº Oper.	Trans. Ins. Dem. Alm.	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)							
1	○ ⇒ □ D ▽	5	3	traslado de la materia prima hacia el área de tostado						
2	○ ⇒ □ D ▽	30	-	Se realiza una limpieza de la materia prima (cacao)						
3	○ ⇒ □ D ▽	2	-	Alimentación con diesel al quemador						
4	○ ⇒ □ D ▽	10	-	Encender el quemador						
5	○ ⇒ □ D ▽	160	-	Tostado del cacao						
6	○ ⇒ □ D ▽	30	-	Enfriamiento a temperatura ambiente						
7	○ ⇒ □ D ▽	120	-	Trituración del cacao						
8	○ ⇒ □ D ▽	180	-	Revisión de desechos en el cacao triturado						
9	○ ⇒ □ D ▽	5	4	Traslado hacia el área de molido						
10	○ ⇒ □ D ▽	5	-	Pesar el cacao triturado						
11	○ ⇒ □ D ▽	2	-	Pesar el azúcar que va a ser mezclado con el licor de chocolate						
12	○ ⇒ □ D ▽	2	-	Ajustar los molinos para moler el cacao						
13	○ ⇒ □ D ▽	64	-	Moler el cacao triturado						
14	○ ⇒ □ D ▽	5	-	Mezclar el licor de chocolate con azúcar						
15	○ ⇒ □ D ▽	35	-	Refinar el licor de chocolate una vez mezclado con el azúcar						
16	○ ⇒ □ D ▽	120	-	Transformar el licor de chocolate refinado en sólidos granulados						
17	○ ⇒ □ D ▽	180	-	Elaboración de tabletas de chocolate						
18	○ ⇒ □ D ▽	120	-	Empaque						
19	○ ⇒ □ D ▽	-	-	Producto terminado						
	14 2 1 1 1	1075	7							

3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- Revisión de la información obtenida referente a las cantidades de mezcla, en especial los tipos de sólidos o líquidos que van a ser mezclados.
- Toma de datos del tiempo de producción en cada proceso de elaboración del chocolate
- Representar los resultados mediante gráficos estadísticos.

CAPÍTULO IV

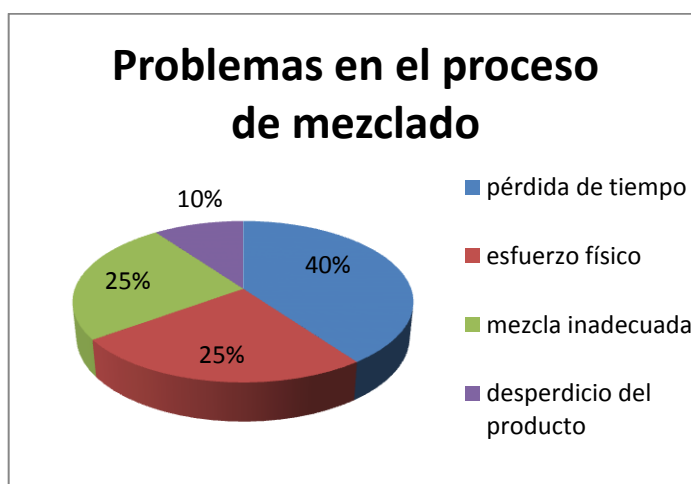
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1 RESULTADOS DE ENCUESTAS

Se realizaron siete encuestas en la fábrica, debido a que son el total de las personas que laboran en la misma, con el objetivo de tener una idea de la situación en la que ésta se encuentra, ya que la principal función de la encuesta es mejorar los procesos y las actividades, también tiene por objetivo tomar decisiones en base a datos reales obtenidos, los cuales deben estar encaminados al desarrollo, crecimiento y mejoramiento de la fábrica.

¿Cuáles son los problemas que tienen en el proceso de mezclado del chocolate?

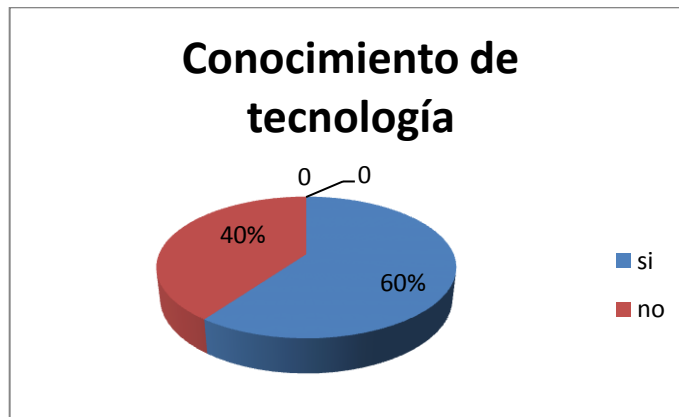


Gráfica 4.1 – Problemas en el proceso de mezclado.

[Fuente: elaborado por el investigador]

Con estos datos se tiene una idea de la situación en la que se encuentra la fábrica, por lo que se toma en consideración los puntos más críticos para poder realizar un análisis técnico, el cual permita de una u otra manera corregir o mejorar dichos aspectos para beneficio de la fábrica.

¿Conoce usted de maquinaria que podría ayudarle en su trabajo?

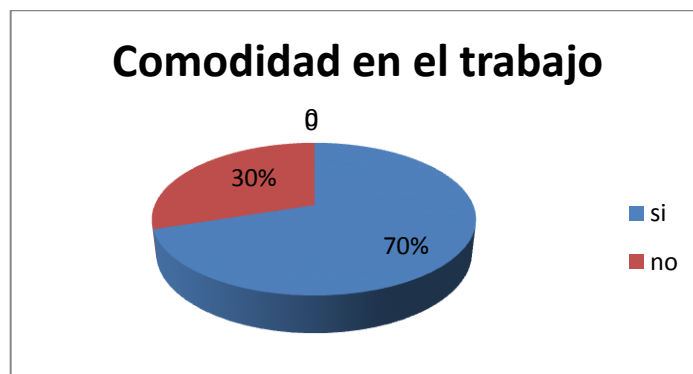


Gráfica 4.2 – Conocimiento de tecnología.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Debido a la falta de implementación que la fábrica tiene, se ve la posibilidad de mejorar dicho proceso, el cual permita un trabajo eficiente y rápido.

¿Está conforme con las herramientas y maquinaria existentes en la fábrica?



Gráfica 4.3 – Comodidad en el trabajo.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Esta pregunta hace referencia a la facilidad de trabajo que tienen las personas dentro de la fábrica, es decir que tan eficaz y rápido el trabajador desarrolla determinada actividad.

¿Existen estudios realizados del proceso de mezclado que actualmente se realiza en la fábrica?

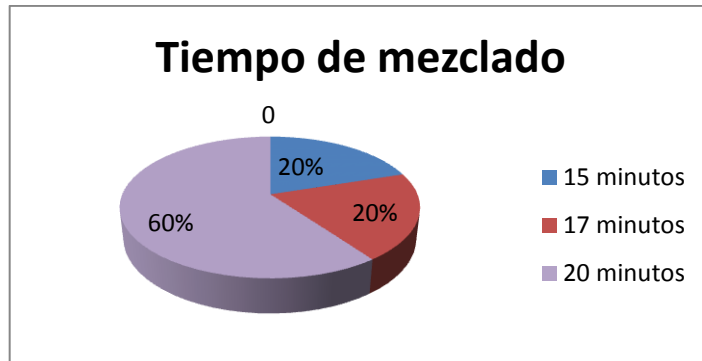


Gráfica 4.4 – Estudios del proceso de mezclado.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Debido a que estas pequeñas fábricas trabajan de manera antigua, no cuentan o no tienen todas las facilidades para la realización de un estudio técnico que pueda facilitar dicha actividad. Esta fábrica no cuenta con dicho estudio, razón por la cual tienen varios inconvenientes al momento de realizar dicho proceso. Esto sirve de gran ayuda para poder realizar un estudio a profundidad de todo lo referente al proceso de mezclado.

¿Cuál es el tiempo en el proceso de mezclado que actualmente se realiza en la fábrica?



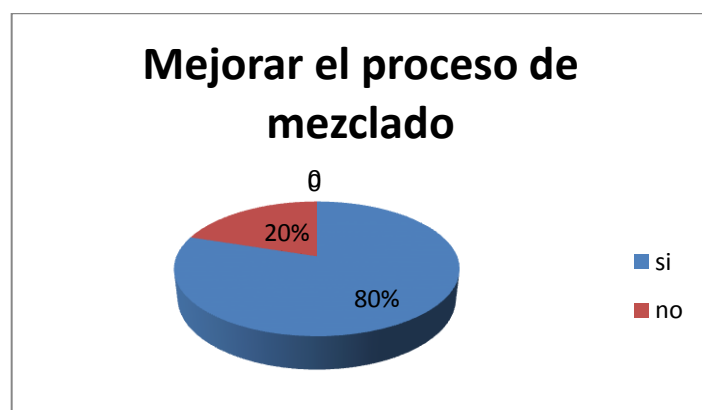
Gráfica 4.5 – Tiempo de mezclado.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Actualmente este proceso tiene un tiempo de 20 minutos según las respuestas obtenidas, debido a que este proceso se lo realiza manualmente.

Esta pregunta se refiere al tiempo en que toma mezclar el chocolate con el azúcar, debido a que el chocolate está en el rango de fluidos con viscosidad alta, se puede obtener la viscosidad del mismo para obtener una mezcla homogénea y a la vez que permita disminuir el tiempo en este proceso

¿Cree que se puede mejorar el proceso de mezclado del chocolate?

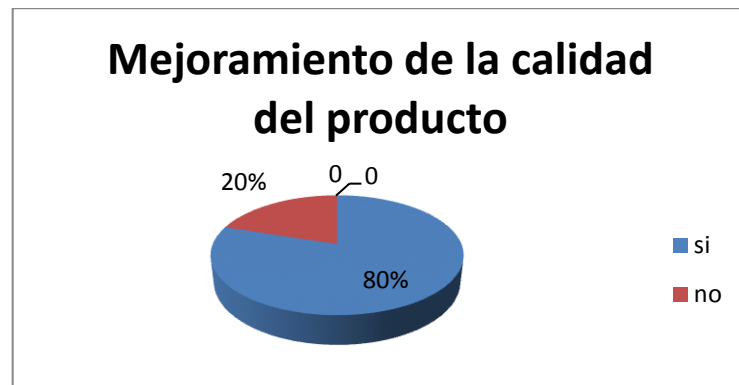


Gráfica 4.6 – Mejorar proceso de mezclado.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Con esta pregunta se podría optimizar dicho proceso con la implementación de una máquina que facilite el trabajo, ya que para esta actividad se requiere de un gran esfuerzo físico lo que ocasiona que el trabajador se canse con facilidad y no puede dar el cien por ciento el resto de la jornada.

¿Cree que con una mezcla homogénea se mejorará la calidad del producto final?



Gráfica 4.7 – Mejor calidad del producto.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Al obtener una mezcla homogénea en este proceso, la calidad del producto final mejorará sin duda, debido a que para la elaboración de chocolate en tabletas se requiere de un proceso en cadena.

Actualmente ésta fábrica es conocida a nivel nacional por la calidad y sabor del chocolate que los clientes obtienen al momento de comprar dicho producto, lo cual de una u otra manera hará que el cliente quede más satisfecho con la mejora del producto final.

4.1.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

La primera prueba de funcionamiento se realizó con los siguientes parámetros:

Tabla N° 4.1 Cantidades de ingredientes para la primera prueba de funcionamiento.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Ingredientes	Cantidad (libras)	Tiempo de mezclado (min)
Licor de chocolate	150	7.56
Azúcar	100	



Figura N° 4.1 Foto del licor de chocolate.

[Fuente: Fábrica de chocolate Carolina]



Figura N° 4.2 Foto del ingrediente a mezclar con el licor de chocolate.

[Fuente: Fábrica de chocolate Carolina]

Tabla N° 4.2 Resultado de ahorro de tiempo.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Proceso	Tiempo promedio (min)
Manual	20
En la máquina	7.56
Ahorro de tiempo total	14.44

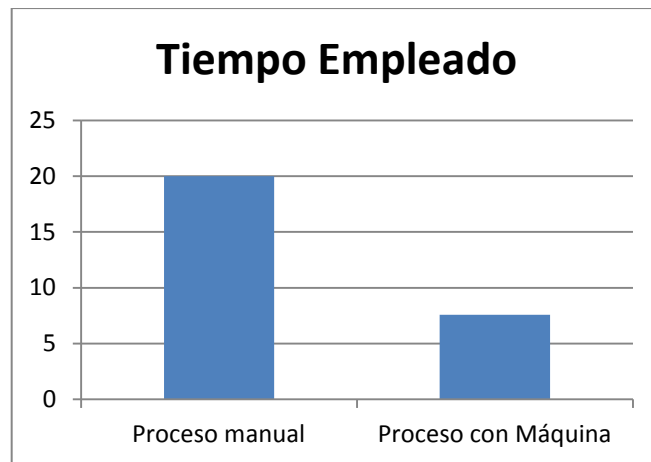


Gráfico N° 4.8 Ahorro de tiempo

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Tabla N° 4.3 Cantidades de ingredientes para la segunda prueba de funcionamiento.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Ingredientes	Cantidad (libras)	Tiempo de mezclado (min)
Licor de cacao	150	6.5
Azúcar	100	

Tabla N° 4.4 Resultado de ahorro de tiempo - segunda prueba.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Proceso	Tiempo promedio (min)
Manual	20
En la máquina	6.5
Ahorro de tiempo total	13.5

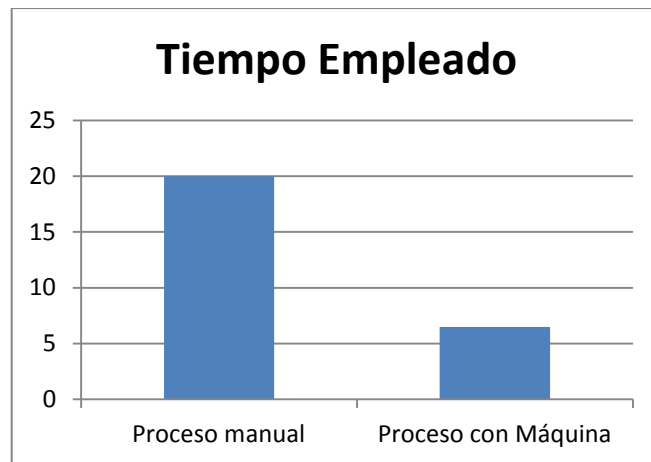


Gráfico N° 4.9 Ahorro de tiempo – segunda prueba

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Tabla N° 4.5 Cantidades de ingredientes para la tercera prueba de funcionamiento.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Ingredientes	Cantidad (libras)	Tiempo de mezclado (min)
Licor de cacao	152	6.1
Azúcar	100	

Tabla N° 4.6 Resultado de ahorro de tiempo – tercera prueba.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Proceso	Tiempo promedio (min)
Manual	20
En la máquina	6.1
Ahorro de tiempo total	13.9

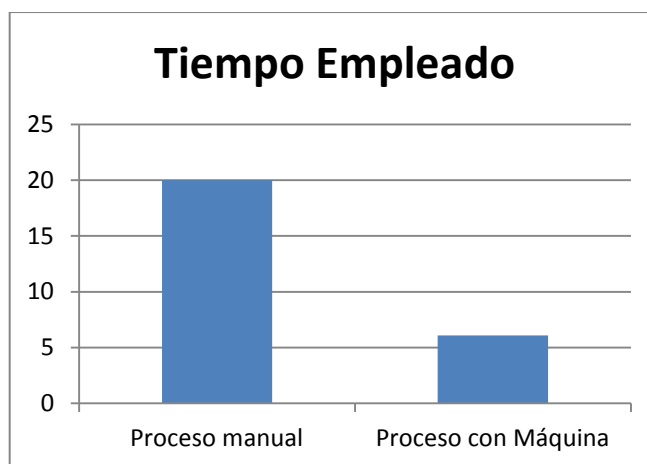


Gráfico N° 4.10 Ahorro de tiempo – tercera prueba

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Tabla N° 4.7 Cantidades de ingredientes para la cuarta prueba de funcionamiento.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Ingredientes	Cantidad (libras)	Tiempo de mezclado (min)
Licor de cacao	150	6
Azúcar	100	

Tabla N° 4.8 Resultado de ahorro de tiempo – cuarta prueba.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Proceso	Tiempo promedio (min)
Manual	20
En la máquina	6
Ahorro de tiempo total	14

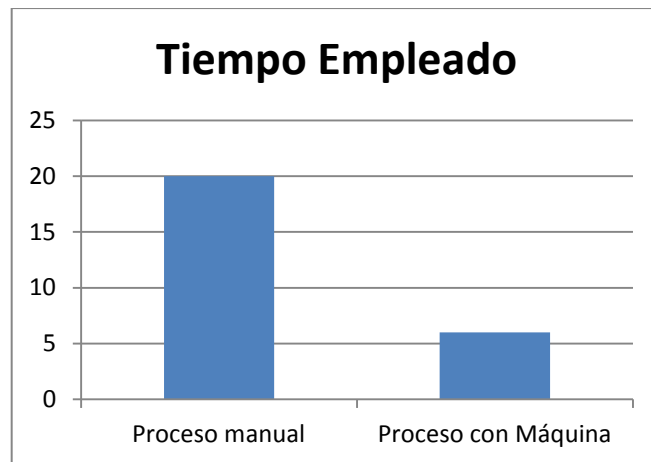


Gráfico N° 4.11 Ahorro de tiempo – cuarta prueba

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Tabla N° 4.9 Resultado de ahorro de tiempo promedio

[Fuente: Elaborado por el investigador]

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	TIEMPO DE MEZCLADO CON MÁQUINA (min)
Primera	7,1
Segunda	6,5
Tercera	6.1
Cuarta	6
PROMEDIO	6.4

Tabla N° 4.10 Resultado de ahorro de tiempo promedio

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Proceso	Tiempo promedio (min)
Manual	20
En la máquina	6.4
Ahorro de tiempo total	13.6

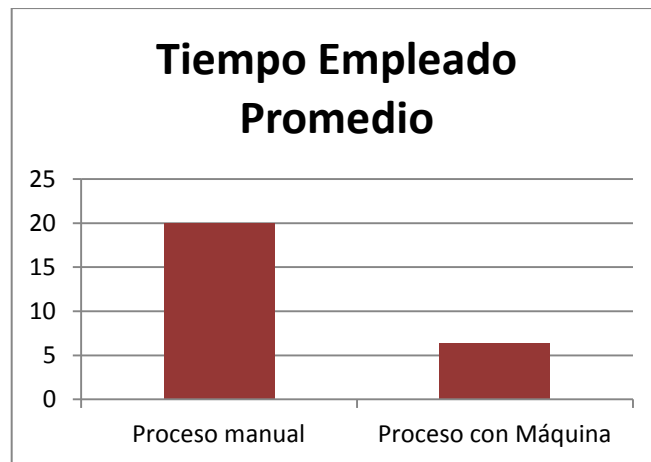


Gráfico N° 4.12 Ahorro de tiempo promedio

[Fuente: Elaborado por el investigador]



Figura N° 4.3 Foto del proceso de mezclado con la máquina.

[Fuente: Fábrica de chocolate Carolina]



Figura N° 4.4 Foto del proceso terminado.

[Fuente: Fábrica de chocolate Carolina]

4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

Luego de realizadas las respectivas pruebas de funcionamiento de la máquina, se pudo observar que tanto el diseño como la construcción de la máquina, satisface correctamente las necesidades que la fábrica tenía antes de la elaboración del presente proyecto.

En la primera prueba de funcionamiento se pudo observar que el tiempo de mezclado fue un poco mayor que las restantes, esto se debe al hecho de que se tuvo todas las precauciones del caso para evitar complicaciones que provoquen la paralización de la máquina y también hasta que la persona encargada o el obrero se vaya familiarizando con el funcionamiento de la misma.

Una vez realizada la segunda prueba, se notó que el tiempo de mezclado fue menor, esto es porque ya se realizó con mayor rapidez todas las operaciones para realizar el proceso de mezcla y porque la persona ya se va acostumbrando al manejo de la misma.

También se pudo observar que el recipiente de mezcla está acorde a la capacidad calculada, debido a que no existe derrame del producto.

El tiempo empleado máximo para realizar el proceso de mezclado según las pruebas está en un promedio de 6.4 minutos, ya que luego de este tiempo se pudo observar que la mezcla era homogénea lo cual cumple uno de los objetivos planteados.

El tiempo empleado para realizar el proceso de mezclado de forma manual es de 20 minutos promedio, mientras que con la máquina el tiempo promedio es de 6.4 minutos, teniendo un ahorro de tiempo de 13.6 minutos.

La prueba de funcionamiento sirve también para verificar que todas las partes de la máquina se encuentren funcionando perfectamente, así como también para observar la calidad del producto mezclado.

Mediante las pruebas de funcionamiento de la máquina, se pudo observar claramente la disminución del tiempo de mezclado con relación al proceso manual que se realizaba anteriormente.

También se pudo notar que la mezcla era homogénea, esto se lo realizó introduciendo un recipiente hasta el fondo al tanque de mezcla con el producto, y retirando una porción del producto mezclado, se lo vació en otro recipiente y se observó claramente que el producto toma una consistencia pastosa sin mostrar burbujas de azúcar, cosa que ocurría cuando se lo realizaba manualmente.



Figura N° 4.5 Foto del chocolate mezclado en la máquina.

[Fuente: Fábrica de chocolate Carolina]

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo a la hipótesis planteada en el proyecto, la verificación está basada en los datos obtenidos de las pruebas realizadas en la fábrica.

La reducción del tiempo de mezclado con la máquina implementada en la fábrica es un punto importante para la optimización de la producción.

Con la máquina se logró optimizar el tiempo de este proceso en un 32% en promedio, y a la vez reducir el esfuerzo físico en los trabajadores. Con la disminución del tiempo de mezclado, obviamente se logró optimizar la producción debido a que como se mencionó anteriormente la elaboración del chocolate en tabletas es un proceso en cadena, el producto final está elaborado con mayor rapidez, es decir sale en menor tiempo que cuando este proceso se lo realizaba manualmente, además la mezcla obtenida es homogénea lo que ocasiona que se tenga un producto final de mejor calidad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En el proceso propuesto el tiempo de producción disminuirá en un 32% al realizarlo mecánicamente, por lo tanto existirá una optimización de la producción.
- Al realizar el proceso de mezclado mecánicamente, se obtendrá una mezcla homogénea cosa que no sucede con el proceso que actualmente se realiza en la Fábrica y como consecuencia la calidad del producto final mejorará.
- La implementación de una máquina para el proceso de mezclado será de gran ayuda tanto para la Fábrica como para los trabajadores que laboran en la misma, debido a que en el proceso manual, los trabajadores sufren lesiones en el cuerpo como dolores de músculos y articulaciones en brazos y manos.
- El diseño de la máquina mezcladora se lo desarrollará adaptando a las necesidades reales de la Fábrica para un mejor trabajo y fácil maniobrabilidad.
- Con la investigación realizada previamente y con la implementación de una máquina para este proceso, se mejorará el trabajo y se optimizará el tiempo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para realizar un diseño adecuado se debe ejecutar una correcta investigación y tomar en consideración cada parámetro como el tipo de fluido que se va a mezclar, la viscosidad, las revoluciones a las que va a trabajar, el tipo de rodete y todo detalle que pueda afectar la construcción final, de esta forma las características del equipo diseñado se ajustarán a la realidad y necesidades de la Fábrica.
- Diseñar un rodete que esté acorde a las necesidades del fluido, chocolate, ya que de éste depende que la mezcla sea homogénea.
- Seleccionar correctamente el tipo de material para la construcción de la máquina, ya que el producto va a estar en contacto directamente con el tanque de mezcla y el rodete.
- Utilizar un controlador de tiempo para que el proceso de mezclado sea más eficiente y a la vez que esté controlado automáticamente el tiempo de parada.
- Utilizar un variador de frecuencia para variar el número de revoluciones al momento de realizar las pruebas de funcionamiento, con lo que se analizará de mejor manera el tiempo de mezclado.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Sabemos que en el mercado existen diferentes tipos de mezcladoras, las cuales no tienen características adecuadas para el tipo de trabajo que la fábrica necesita, como por ejemplo el tipo de fluido a mezclar, la capacidad de mezclado, la fácil maniobrabilidad y su costo, un factor principal de la mezcladora es su fácil maniobrabilidad y su capacidad de mezclado de 115 Kg.

Para un mezclado óptimo del fluido, se requiere de una velocidad adecuada y de un tiempo determinado, sin embargo este valor es variable dependiendo de la cantidad de ingredientes a mezclar.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

6.2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Capacidad de mezcla

La cantidad de chocolate a mezclar es uno de los principales factores que se deben tomar en cuenta para la realización del presente proyecto, en este caso es de 115 Kg, que es un requerimiento de la fábrica.

La principal función de la mezcladora es, realizar una mezcla homogénea de manera adecuada y fácil, evitando de esta manera realizar esta actividad manualmente, ya que se requiere de un gran esfuerzo físico lo que ocasiona problemas en la salud, como por ejemplo lesiones en articulaciones, cansancio, etc.

6.3 JUSTIFICACIÓN

Brindar una ayuda a los trabajadores de la fábrica, construyendo una mezcladora de chocolate para optimizar la producción y de esta manera ser parte del progreso y desarrollo de la misma.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo General

Diseñar y construir una mezcladora para chocolate, para optimizar la producción y evitar el esfuerzo físico y las lesiones en los trabajadores.

6.4.2 Objetivos específicos

- Reducir el tiempo de mezclado
- Obtener una mezcla homogénea
- Mejorar la calidad del producto final

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La elaboración de la propuesta es factible de realizar, ya que se cuenta con toda la información necesaria, así como también con todos los materiales que se va a utilizar en la construcción debido a que son fáciles de conseguirlos en el mercado nacional.

Utilizar una máquina mezcladora para la elaboración del chocolate, permite realizar el trabajo de manera más eficiente y rápido, ya que su tiempo de mezclado disminuye y a la vez se tiene un producto final de calidad.

El acero inoxidable, que se encuentra fácilmente en el mercado, está acorde a las normas requeridas para alimentos. El Cromo forma en la superficie del acero una película pasivante, extremadamente delgada, continua y estable. Esta película deja la superficie inerte a las reacciones químicas. Esta es la característica principal de resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables.

Los Aceros Inoxidables Austeníticos de la Serie 300 son los más utilizados por su amplia variedad de propiedades, se obtienen agregando Níquel a la aleación, por lo que la estructura cristalina del material se transforma en austenita y de aquí adquieren el nombre. El contenido de Cromo varía de 16 a 28%, el de Níquel de 3.5 a 22% y el de Molibdeno 1.5 a 6%. Los tipos más comunes son el AISI 304, 304L, 316, 316L, 310 y 317. Las propiedades básicas son: Excelente resistencia a la corrosión, excelente factor de higiene - limpieza, fáciles de transformar, excelente soldabilidad, no se endurecen por tratamiento térmico, se pueden utilizar tanto a temperaturas criogénicas como a elevadas temperaturas. Principales aplicaciones: Utensilios y equipo para uso doméstico, hospitalario y en la industria alimentaria, tanques, tuberías, etc.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 DISEÑO DE LA MÁQUINA

Para realizar el diseño de la máquina mezcladora, se debe tener en cuenta las necesidades de la fábrica, esto es que tenga una capacidad de mezcla de 2.5 quintales (115 Kg), este parámetro es el principal y el más importante para el diseño de la misma.

Debido a que la mezcla del licor de chocolate con el azúcar se lo realiza manualmente en un recipiente rectangular de dimensiones 97cm de ancho, 86 cm de largo y 12 cm de altura, tenemos las dimensiones principales para calcular el volumen y las dimensiones del tanque de mezcla.

$$V = a * l * h \quad \text{Ec. (6.1)}$$

Donde

V = volumen de mezcla

a = ancho del recipiente = 97cm

l = largo del recipiente = 86cm

h = altura del recipiente = 12cm

$$V = 97 * 86 * 12 = 100,1cm^3 = 0,10m^3$$

6.6.1.1 DISEÑO DEL TANQUE DE MEZCLA

La altura del tanque a diseñar debe estar acorde a la facilidad de maniobra del trabajador, así como también debe adaptarse a las dimensiones de las otras

máquinas existentes en la fábrica, debido a que es un proceso continuo, razón por la cual se tiene como dato su altura.

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL TANQUE DE MEZCLA

$$V = \frac{\pi}{4} * D^2 * h \quad \text{Ec. (6.2)}$$

Donde

D = diámetro del tanque de mezcla

h = altura = 0,30m

V = volumen de mezcla

$$0,10 = 0,79 * 0,30 * D^2$$

$$D = 0,65m$$

Con estas dimensiones del tanque se puede realizar la mezcla de 115 Kg, pero para evitar que el líquido se derrame, la construcción del tanque se lo hace de una altura de 0.35m

CÁLCULO DE LA DENSIDAD

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ec. (6.3)}$$

Donde

ρ = densidad del fluido a mezclar

$$m = \text{masa} = 115Kg$$

$$\rho = \frac{115}{0,10}$$

$$\rho = 1150 \frac{Kg}{m^3}$$

VISCOSIDAD DEL LICOR DE CHOCOLATE (CHOCOLATE)

Según la tesis “Uso de las propiedades reológicas como índices de control en la elaboración de chocolate” la viscosidad del licor de chocolate es:

$$\mu_{ap} = 82 \text{Pa.s}$$

6.6.1.2 DISEÑO DEL AGITADOR

Por investigación y acorde al marco teórico el tipo de rodete a diseñar es de tipo ancla, debido a que éste se lo utiliza para líquidos de viscosidad alta, lo que sucede con el licor de chocolate que es nuestro caso.

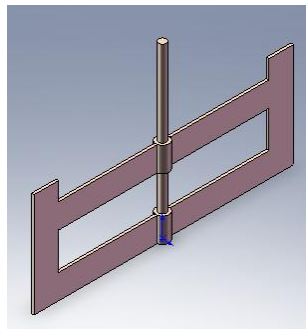


Figura N° 6.1 Esquema del rodete de mezcla

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Del anexo A tenemos:

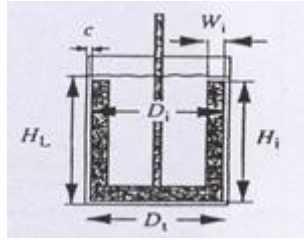


Figura N° 6.2 Dimensiones del rodete tipo ancla a diseñar

[Fuente: M. Zlokarnik y H. Judat, 1988, Stirring. Encyclopedia of industrial Chemistry.]

Donde

$HL = \text{altura del recipiente} = 0,30m$

$Dt = \text{diámetro del recipiente} = 0,65m$

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL RODETE (Di)

$$\frac{Dt}{Di} = 1,02$$

$$Di = \frac{Dt}{1,02} = \frac{0,65m}{1,02} = 0,63m$$

CÁLCULO DE LA SEPARACIÓN ENTRE LA PARED DEL TANQUE Y EL RODETE DE MEZCLA (C)

$$\frac{C}{Di} = 0,01$$

$$C = 0,01 * Di = 0,01 * 0,63 = 6,3 * 10^{-3}m$$

CÁLCULO DE LA ALTURA DEL RODETE (Hi)

$$\frac{Hi}{Di} = 0,4$$

$$Hi = 0,4 * 0,63m = 0,25m$$

CÁLCULO DEL ANCHO DEL BRAZO DEL RODETE(Wi)

$$\frac{Wi}{Di} = 0,1$$

$$Wi = 0,1 * 0,63m = 0,063m$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE REYNOLDS

Para el cálculo del número de Reynolds se necesita saber el número de revoluciones a las que va a trabajar el motor, de acuerdo a investigaciones y el tipo de rodete diseñado, se tiene que estos tipos de rodetes trabajan a bajas revoluciones por ser el fluido viscoso, el rango de velocidad de éstos esta entre 20 a 150 rpm.

$$NRe = \frac{Di^2 * N * \rho}{\mu a p} \quad Ec. (6.4)$$

Donde

NRe = número de reynolds

$D_i = \text{diámetro del rodete}$

$N = \text{número de revoluciones} = 60\text{rpm} = 1\text{rps (asumido)}$

$\rho = \text{densidad del chocolate} = 1150 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

$\mu_{ap} = \text{viscosidad aparente del chocolate} = 82\text{Pa.s}$

$$NRe = \frac{0,63^2 \text{m}^2 * 1\text{rps} * 1150 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}{82\text{Pa.s}}$$

$$NRe = 5,69$$

Entonces:

$NRe < 10$; Flujo Laminar

$NRe > 10\ 000$; Flujo Turbulento

$NRe = 10 - 10\ 000$; Transitorio

CÁLCULO DE POTENCIA

$$P_{mez} = \frac{K_T * N^3 * Da^5 * \mu}{g} ; \text{ Flujo Turbulento} \quad \text{Ec. (6.5)}$$

$$P_{mez} = \frac{K_L * N^2 * Da^3 * \mu}{g} ; \text{ Flujo Laminar} \quad \text{Ec. (6.6)}$$

En este caso $NRe = 5.69$; entonces se encuentra en el régimen laminar

Donde

$P_{mez} = \text{potencia de mezcla}$

$K_L = \text{constante de agitación laminar} = 300 \text{ (Anexo B)}$

$N = \text{velocidad de rotación del motor} = 1\text{rps}$

$Da = Di = \text{diámetro del agitador} = 0,63\text{cm}$

$g = \text{gravedad} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$$P_{mez} = \frac{K_L * N^2 * Da^3 * \mu}{g}$$

$$P_{mez} = \frac{300 * 1^2\text{rps} * 0,63^3\text{m}^3 * 82\text{Pa.s}}{9,81}$$

$$P_{mez} = 627,02\text{W} * \frac{1\text{HP}}{745,7\text{W}} = 0,84\text{HP}$$

Esta es la potencia que se necesita para mezclar el chocolate, pero no es la potencia que se escoge para el motor debido a que se debe tener en cuenta el rendimiento eléctrico del motor y el rendimiento del reductor de velocidad.

$$Pot = \frac{Pot\ mez}{\eta t} \quad \text{Ec. (6.7)}$$

Donde

$Pot = \text{potencia necesaria del motor}$

$P_{mez} = \text{potencia de mezcla}$

$\eta t = \text{rendimiento mecánico}$

$$\eta t = \eta_e * \eta_{rv} \quad \text{Ec. (6.8)}$$

Donde

$\eta_e = \text{rendimiento eléctrico} = 0,78 \text{ (Anexo C)}$

$\eta_{rv} = \text{rendimiento del reductor de velocidad} = 0,99 \text{ (Anexo D)}$

$$\eta_t = 0.78 * 0.99 = 0.8$$

$$Pot = \frac{0.84}{0.8}$$

$$Pot = 1.05HP$$

Entonces utilizamos un motor de 1 Hp, debido a que en el mercado si existe.

6.6.1.3 DISEÑO DEL TANQUE DE MEZCLA

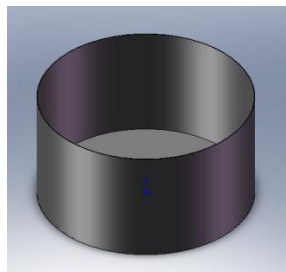


Figura N° 6.3 Esquema del tanque

[Fuente: Elaborado por el investigador]

CÁLCULO DE LA PRESIÓN INTERNA

$$P_i = \rho * g * h \quad \text{Ec. (6.9)}$$

Donde

P_i = presión interna

ρ = densidad del fluido a mezclar = 1150 $\frac{Kg}{m^3}$

g = gravedad

h = altura del recipiente = 0,30m

$$Pi = 1150 \frac{Kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,30m$$

$$Pi = 3384,45 \frac{N}{m^2} = 3384,45Pa$$

Recipiente Pared delgada

$$\sigma t = \frac{Pi * D}{2 * t} < Sy \quad \text{Ec. (6.10)}$$

Donde

$$\sigma t = \text{esfuerzo tangencial} \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$Pi = \text{presión interna} = 3384,45Pa$$

$$D = \text{diámetro del tanque} = 0,65m$$

$$t = \text{espesor del tanque} = \frac{1}{16} \text{pulg} = 1,58 * 10^{-3}m$$

$$Sy = \text{límite de fluencia del material} = 205MPa \text{ (Anexo E)}$$

$$t \leq \frac{1}{10} * r$$

$$r = \text{radio del tanque} = 0,325m$$

$$\frac{1}{10} * 0,325 = 0,0325m$$

$$0,00158m \leq 0,0325m$$

$$\sigma t = \frac{3384,45 \frac{N}{m^2} * 0,65m}{2 * (1,58 * 10^{-3}m)}$$

$$\sigma t = 696168,18 \frac{N}{m^2} = 0,69MPa$$

$$\sigma t < Sy$$

$$0,69MPa < 205MPa$$

6.6.1.4 DISEÑO DEL EJE DEL RODETE

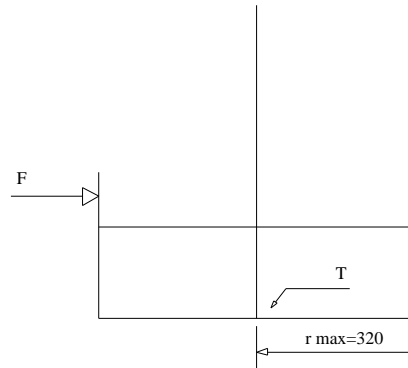


Fig. N° 6.4 Rodete de mezcla tipo ancla.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

$$r_{max} = \frac{Di}{2}$$

$$r_{max} = \frac{0,063}{2} = 0,32m$$

CÁLCULO DE LA FUERZA

$$F = m * g$$

$$F = 115Kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 1128,15N$$

CÁLCULO DEL TORQUE

$$T_{max} = F * r_{max}$$

$$T_{max} = 1128,15 * 0,32 = 361,01Nm$$

$$R1 = F$$

$$R1 = 1128,15N$$

$$M1 = -F * l$$

$$M1 = -1128,15 * 0,45 = 507,66 Nm$$

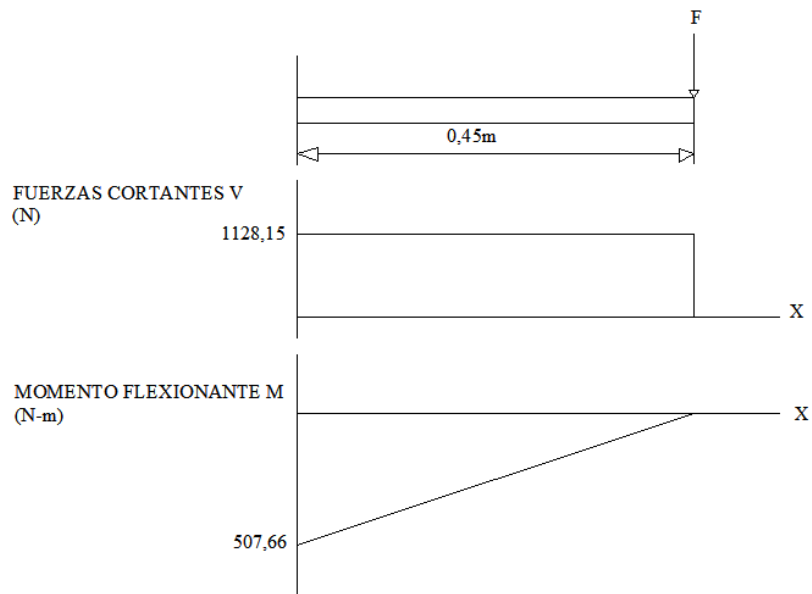


Fig. N° 6.5 Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad Ec. (6.11)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16(361,01)}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{1838,61 \text{ Nm}}{d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 507,66}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{5170,9}{d^3}$$

Utilizando el teorema de Von Misses se tiene:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad \text{Ec. (6.12)}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{5170,9}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{1838,61}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{6072,86}{d^3}$$

Asumiendo $n = 1,2$ se tiene:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}}$$

$$1,2 = \frac{205 * 10^6}{\frac{6072,86}{d^3}}$$

$$d = 0,032\text{m}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 507,66}{\pi * (0,032)^3} = 157,81\text{MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{1838,61}{(0,032)^3} = 56,11\text{MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(157,81)^2 + 3 * (56,11)^2} = 185,33MPa$$

$$\sigma_{eq} \leq S_y$$

$$185,33MPa \leq 205MPa \text{ ok}$$

DISEÑO POR FATIGA

El diseño a fatiga se lo va a efectuar sin tomar en cuenta esfuerzos fluctuantes; debido a que se supone que el eje trabaja con frecuencia perfecta, es decir; tracción-compresión, etc. Por tanto el diseño a fatiga y para vida infinita está dado por:

$$S_e' = 0,5 * S_{ut} ; S_{ut} \leq 200KPsi (1400MPa) \quad Ec. (6.13)$$

Donde

$S_{ut} =$ resistencia última a la tensión del material = 568MPa (Anexo E)

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S_e' \quad Ec. (6.14)$$

$$S_e' = 0,5 * 568 = 284MPa$$

$$k_a = a * S_{ut}^b$$

Donde

$k_a =$ acabado de superficie

$a =$ factor de modificación superficial = 4,51MPa (Anexo F)

$b = -0,265$ (Anexo F)

$$k_a = 4,51 * 5,68^{-0,265} = 0,84$$

$$k_b = 0,869 * d^{-0,097} ; 0,3pulg < d < 10pulg$$

Donde

kb = efectos de tamaño

d = diámetro del eje = 0,032m = 1,25pulg

$$kb = 0,869 * 1,25^{-0,097} = 1,08$$

kc = 0,897 ; recomendado para una confiabilidad del 90% (Anexo G)

Donde

kc = confiabilidad

$$kd = 1 ; T \leq 450^{\circ}C (480^{\circ})F$$

Donde

kd = efectos de temperatura

$$ke = 1$$

Donde

ke = efectos de concentración de esfuerzos

$$kf = 1$$

Donde

kf = efectos diversos

$$Se = 0,84 * 1,08 * 0,897 * 1 * 1 * 284$$

$$Se = 231,10MPa$$

$$\eta = \frac{Se}{\sigma_{eq}}$$

$$\eta = \frac{231,10}{185,32} = 1,2 ; Ok$$

6.6.1.5 DISEÑO DE LA CHAVETA

En este caso se está diseñando la chaveta del moto-reductor, debido a que se necesita introducir un eje, el cual tiene un diámetro de 36mm, este eje sirve para acoplar el eje del rodete, de manera que este mecanismo sea desarmable y a la vez se puede tener la capacidad de mezclar otro tipo de fluido cambiando solamente el rodete.

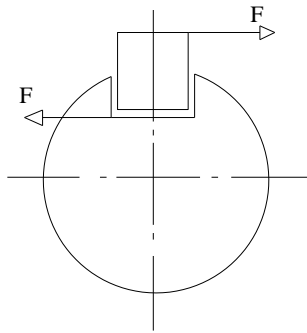


Fig. N° 6.6 Esquema del chavetero

[Fuente: Elaborado por el investigador]

$$F_{cv} = \frac{2 * T}{d} \quad Ec. (6.15)$$

Donde

F_{cv} = fuerza que actúa entre el eje y el chavetero

T = torque = 361,01N.m

d = Diámetro del eje = 0,036m

$$F_{cv} = \frac{2 * 361,01}{0,036} = 20056,11N$$

Longitud adecuada de la chaveta para que no haya cizalladura

$$Lc = \frac{Fcv * n}{0,5 * b * Sy} \quad Ec. (6.16)$$

Donde

Lc = longitud adecuada de la chaveta para que no haya cizalladura

n = factor de seguridad = 1,2 (Asumido)

b = ancho de cara de la chaveta = 10mm (Anexo H)

Material = Acero AISI 1010

Sy = límite de fluencia del material = 180MPa (Anexo I)

$$Lc = \frac{20056,11 * 1,2}{0,5 * 0,01 * 180 * 10^6} = 0,0267m = 26mm$$

Aplastamiento de una cara del chavetero del eje.

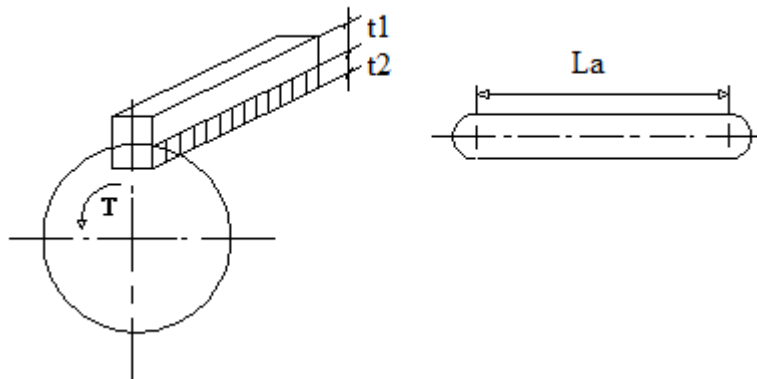


Fig. N° 6.7 Dimensiones del chavetero

[Fuente: Elaborado por el investigador]

$$La = \frac{Fcv * n}{t_2 * Sy} \quad Ec. (6.17)$$

Donde

$La =$ longitud de la cara del chavetero

$t_2 = e = 4,5mm$ (Anexo H)

$$La = \frac{20056,11 * 1,2}{4,5 * 10^{-3} * 180 * 10^6} = 0,029m = 29,71mm$$

$$Si ; Lc > La ; L = Lc$$

$$Si ; La > Lc ; L = La$$

$$La > Lc ; 29,71mm > 26mm$$

Entonces la longitud de la chaveta es:

$$L = 29,71mm$$

6.6.1.6 CÁLCULO DEL TORNILLO DE POTENCIA

El tornillo de potencia es de rosca cuadrada, debido a que éstos soportan grandes cargas y tienen un óptimo desenvolvimiento y está construido con material acero SAE 1018, con un diámetro mayor de 1 ¼ pulg. El tornillo necesita elevar la carga del motor y otros elementos tales como la base del motor, las barras guías del motor, el rodete, ya que la máquina se está diseñando para facilitar el trabajo y evitar alzar pesos manualmente.

CÁLCULO DE LA FUERZA

Generalmente los tornillos de potencia se utilizan para convertir un movimiento angular en movimiento lineal y transmitir generalmente fuerza o potencia. En este caso se lo utiliza para elevar y bajar el rodete de mezcla del tanque, lo que facilita el proceso. La fuerza a calcular sería todo el peso que actúa sobre el tornillo para elevar y bajar el rodete.

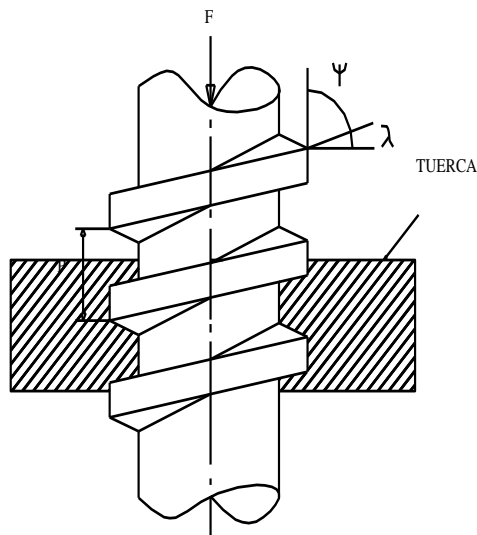


Figura 6.8 Tornillo de potencia

[Fuente: Elaborado por el investigador]

$$F_t = P_{bg} + P_{bm} + P_{jr} + P_m + P_b + P_{em} + P_p \quad \text{Ec. (6.18)}$$

Donde

F_t = fuerza que actúa sobre el tornillo

P_{bg} = peso de las barras guías = 5,2lb

P_{bm} = peso de la base que soporta el motor = 19lb

$P_{jr} = \text{peso del eje del reductor} = 3lb$

$P_m = \text{peso del motoreductor} = 70lb$

$P_b = \text{peso de los bocines} = 1lb$

$P_{em} = \text{peso del eje del rodete} = 5lb$

$P_p = \text{peso de las paletas de mezcla} = 4lb$

$$F_t = 5,2 + 19 + 3 + 70 + 1 + 5 + 4 = 107,2lb$$

$$F_t = 107,2lb = 477,53N$$

Datos

$$d = \text{diámetro mayor} = 1\frac{1}{4}\text{pulg} = 0,032m$$

$N = \text{número de vueltas} = 4 \text{ hilos por pulgada}$

$L = \text{longitud total del tornillo} = 58,5cm$

$\text{Material del tornillo} = \text{Acero SAE 1018}$

PASO DE LA ROSCA

$$p = \frac{1}{N} \quad \text{Ec. (6.19)}$$

Donde

$p = \text{paso de la rosca}$

$$P = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ pulg} = 6,35mm = 6,35 * 10^{-3}m$$

DIÁMETRO MEDIO

$$dm = d - \frac{p}{2} \quad \text{Ec. (6.20)}$$

Donde

dm = diámetro medio

$$dm = 32 - \frac{6,35}{2}$$

$$dm = 28,75\text{mm} = 0,02875\text{m}$$

AVANCE

$$l = p \quad \text{Ec. (6.21)}$$

Donde

l = avance

$$l = 6,35 * 10^{-3}\text{m}$$

PROFUNDIDAD DE LA CUERDA

$$Hc = \frac{p}{2} \quad \text{Ec. (6.22)}$$

Donde

Hc = profundidad de la cuerda

$$Hc = \frac{6,35 * 10^{-3}}{2} = 3,25 * 10^{-3}\text{m}$$

DIÁMETRO MENOR

$$dr = d - p \quad \text{Ec. (6.23)}$$

Donde

dr = diámetro menor

$$dr = 0,032 - 6,35 * 10^{-3} = 0,026m$$

ÁNGULO DE LA HÉLICE

$$\lambda + \Psi = 90^\circ \quad \text{Ec. (6.24)}$$

Donde

Ψ = ángulo de la hélice

λ = ángulo de avance

$$tg\lambda = \frac{l}{\pi * dm}$$

$$tg\lambda = \frac{6,35}{\pi * 28,75} = 0,071$$

$$\lambda = 4,11^\circ$$

$$\Psi = 90^\circ - \lambda = 90^\circ - 4,11^\circ = 85,89^\circ$$

CÁLCULO DEL TORQUE PARA SUBIR LA CARGA

$$T_s = \frac{Ft * dm}{2} \left(\frac{l + \pi * \mu * dm}{\pi * dm - \mu * l} \right) \quad Ec. (6.25)$$

Donde

T_s = torque necesario para subir la carga

μ = coeficiente de fricción = 0,2 (Anexo J)

$$T_s = \frac{477,53 * 28,75}{2} \left(\frac{6,35 + \pi * 0,2 * 28,75}{\pi * 28,75 - 0,2 * 6,35} \right)$$

$$T_s = 1,92Nm$$

CÁLCULO DEL TORQUE PARA BAJAR LA CARGA

$$T_b = \frac{Ft * dm}{2} \left(\frac{\pi * \mu * dm - l}{\pi * dm + \mu * l} \right) \quad Ec. (6.26)$$

Donde

T_b = torque necesario para bajar la carga

$$T_b = \frac{477,53 * 28,75}{2} \left(\frac{\pi * 0,2 * 28,75 - 6,35}{\pi * 28,75 + 0,2 * 6,35} \right)$$

$$T_b = 0,89Nm$$

DISEÑO DEL TORNILLO

Utilizando el teorema de diseño de Von Misses, se tiene:

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

Donde

T = torque para subir la carga

d = diámetro mayor

Debido a que el torque para subir la carga es mayor que el torque para bajar la carga, se utiliza el mayor torque para un correcto diseño.

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 1,92}{\pi * 0,032^3} = 298415,51 Pa$$

$$\sigma_x = \frac{Ft}{At}$$

$$At = \frac{\pi * dt^2}{4}$$

$$dt = \frac{d + dm}{2} = \frac{0,032 + 0,0287}{2} = 0,030m$$

$$At = \frac{\pi * 0,030^2}{4} = 7,06 * 10^{-4} m^2$$

$$\sigma_x = \frac{477,53}{7,06 * 10^{-4}} = 676388,1 Pa$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(676388,1)^2 + 3 * (298415,51)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 85126747,36 Pa = 85,12 MPa$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}}$$

Donde:

$S_y = \text{l\u00edmite de fluencia del material} = 220\text{Mpa (Anexo I)}$

$$n = \frac{220}{85,12}$$

$$n = 2,5 \text{ ok}$$

C\u00c1LCULO DE LA EFICIENCIA DEL TORNILLO

$$\varepsilon = \frac{Ft * l}{2 * \pi * Ts} \quad \text{Ec. (6.27)}$$

Donde

$\varepsilon = \text{eficiencia del tornillo}$

$l = \text{avance}$

$Ts = \text{torque para subir la carga}$

$$\varepsilon = \frac{477,53 * (6,5 * 10^{-3})}{2 * \pi * 1,92}$$

$$\varepsilon = 0,2572$$

$$\varepsilon = 25,72\%$$

CONDICI\u00d3N DE AUTOASEGURAMIENTO

$$tg\lambda < \mu \quad \text{Ec. (6.28)}$$

$$tg\lambda = 0,071$$

$$\mu = 0,2$$

$$0,071 < 0,2 \quad \text{ok}$$

CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR EL MOTOR

$$P_{trn} = T * n$$

Donde

P_{trn} = potencia requerida por el tornillo

T = torque para subir la carga

n = velocidad angular del motor

La velocidad angular del motor para el tornillo es de 537.5rpm, debido a que para este mecanismo se utilizan dos poleas, una de 2,5 pulgadas y otra de 8 pulgadas, esto con el fin de reducir la velocidad de ascenso y descenso del rodete.

$$n = 537,5 \frac{rev}{min} * \frac{1min}{60seg} * \frac{2\pi rad}{1rev} = 56,28 \frac{rad}{seg}$$

$$P_{trn} = 1,92 * 56,28 = 108,05W * \frac{1Hp}{745,7W} = 0,14Hp$$

Esta potencia calculada no es la potencia requerida por el tornillo debido a que hay que tomar en cuenta el rendimiento eléctrico del motor y el rendimiento de la reducción de velocidad. Utilizando la ecuación 6.7 se tiene:

$$P_{ot} = \frac{P_{trn}}{\eta t}$$

Donde

Pot = potencia requerida por el motor

η_t = rendimiento mecánico

Utilizando la ecuación 6.8, se tiene:

$$\eta_t = \eta_e * \eta_{rv}$$

Donde

η_e = rendimiento eléctrico del motor = 0,74 (Anexo C)

η_{rv} = rendimiento de transmisión por correas = 0,96 (Anexo K)

$$\eta_t = 0,74 * 0,96 = 0,71$$

$$Pot = \frac{0,14Hp}{0,71} = 0,2Hp = 149,14W$$

DISEÑO DE LA TUERCA

La tuerca va a soportar una fuerza $F = 477,53N$, que es la fuerza calculada anteriormente.

Datos

Material = Acero SAE 1018

$S_y = 220MPa$ (Anexo I)

ESFUERZO CORTANTE MEDIO

$$\tau = \frac{2 * F}{\pi * dr * h} \quad \text{Ec. (6.29)}$$

Donde

$F =$ fuerza ejercida en la rosca

$dr =$ diámetro menor de la rosca = 0,026m

$h =$ altura de la rosca = 0,05m

$$\tau = \frac{2 * 477,53}{\pi * 0,026 * 0,05}$$

$$\tau = 233850,03 \frac{N}{m^2}$$

Para el diámetro mayor tenemos:

$$\tau = \frac{2 * F}{\pi * d * h}$$

$$\tau = \frac{2 * 477,53}{\pi * 0,032 * 0,05}$$

$$\tau = 190003,14 \frac{N}{m^2}$$

ESFUERZO DE APLASTAMIENTO

$$\sigma_x = \frac{-4F}{\pi * h * (d^2 - dr^2)} * p \quad \text{Ec. (6.30)}$$

Donde

$p =$ paso = $6,35 * 10^{-3}m$

$$\sigma_x = \frac{-(4 * 477,53)}{\pi * 0,05 * (0,032^2 - 0,026^2)} * 6,35 * 10^{-3}m$$

$$\sigma_x = -22,18MPa$$

Para determinar si la rosca falla por aplastamiento se determina el factor de seguridad

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

$$n = \frac{220}{22,18} = 9,9$$

SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

El eje del tornillo va a girar mediante dos chumaceras de pared colocadas a la distancia especificada en el gráfico, por lo que se desea seleccionar un par de rodamientos adecuados para garantizar su correcto funcionamiento, además el eje va a soportar la fuerza que ejerce la polea colocada en su extremo.

Los rodamientos van a soportar carga radial ya calculada ($F = 477,53N$) y van a estar sometidos a una velocidad de 537,5rpm.

Datos

$$n = \text{velocidad angular del motor} = 537,5rpm$$

$$d = 1\frac{1}{4} \text{pulg} = 0,032m$$

$$P = F = \text{carga dinámica equivalente} = 477,53N$$

$$fs = \text{factor de esfuerzos estáticos} = 1,3 \text{ (Anexo L)}$$

$$L_{10} = \text{duración nominal necesaria}$$

La duración nominal necesaria para el cálculo es de aproximadamente 3000 horas de servicio.

Se desea trabajar con un rodamiento rígido de bolas, para lo cual se obtienen los valores de c/p haciendo una doble interpolación, del catálogo SKF (Anexo M).

Tabla N°6.1 Valores C/P para vida de rodamientos.

[Fuente Elaborado por el investigador]

L10 \ n	500	537,5	630
2500	4,24		4,56
3000	4,46	4,56	4,82
3200	4,56		4,93

$$\frac{C}{p} = 4,56$$

Donde

$C = \text{capacidad de carga dinámica}$

$$C = 4,56 * P$$

$$C = 4,56 * 477,53N$$

$$C = 2177,53N$$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ESTÁTICA NECESARIA (Co)

$$P_o = 0,6Fr * 0,5Fa \quad \text{Ec. (6.31)}$$

Donde

$P_o = \text{carga estática equivalente}$

$Fr = P = \text{carga radial}$

$Fa = \text{carga axial} = 0$

$$P_o = 0,6 * (477,53)$$

$$P_o = 286,51N$$

$$C_o = f_s * P_o$$

$$C_o = 1,3 * 286,51$$

$$C_o = 372,47N$$

Se selecciona el cojinete con los valores de C_o y C que sean iguales a los calculados, o a su vez superiores a los mismos para garantizar su correcto funcionamiento.

Según el catálogo SKF de rodamientos, se selecciona un rodamiento de la serie 61804 SKF, con las siguientes características: (Anexo M)

$$C = 2650N$$

$$C_o = 1400N$$

$$D = 32mm$$

$$d = 20mm$$

$$b = 7$$

Para un correcto seleccionamiento de los rodamientos, la capacidad de carga con la que operan los rodamientos rígidos de bolas tiene que ser superior a la calculada, esto es:

$$C_o \text{ necesaria} < C_o \text{ tablas}$$

$$372,47N < 1400N \text{ Ok}$$

6.6.1.7 DISEÑO DE LA BANDA

Debido a que el tornillo de potencia de la máquina mezcladora necesita girar a los dos lados, es decir en sentido horario y en sentido anti horario, este mecanismo está diseñado mediante una transmisión de banda en V tipo A, razón por la cual se necesita su previo diseño para evitar posibles fallas en el mecanismo.

En el siguiente cálculo de la banda hay una relación de transmisión de 1:3 aproximadamente, esto con el fin de reducir el número de revoluciones a las que va a girar el tornillo de potencia, razón por la cual se utiliza una polea de 2,5 pulgadas y una de 8 pulgadas, también se tiene como dato el número de revoluciones del motor, que en este caso es de 0.5Hp, se tiene 1720 rpm y de acuerdo a la construcción de la máquina se tiene una distancia entre centros de 30 cm, es decir 11,81 pulgadas.

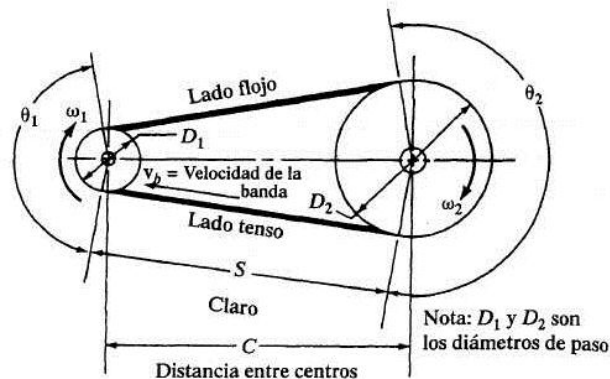


Figura 6.9 Sistema de transmisión

[Fuente: Diseño en Ingeniería mecánica. Sexta edición. Shigley, Joseph]

CÁLCULO DE LOS ÁNGULOS DE CONTACTO

$$\theta d = \pi - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D - d}{2C}\right) \quad \text{Ec. (6.32)}$$

Donde

$\theta d = \text{ángulo de contacto de la polea menor}$

$D = \text{Diámetro de la polea mayor} = 8 \text{ pulg.}$

$d = \text{Diámetro de la polea menor} = 2,5 \text{ pulg.}$

$c = \text{Distancia entre centros} = 11,81 \text{ pulg.}$

$$\theta d = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{8 - 2,5}{2 * 11,81} \right) = 2,76 \text{ rad} = 153,06^\circ$$

$$\exp[0,5123(\Phi)]$$

$$\theta D = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{D - d}{2C} \right) \quad \text{Ec. (6.33)}$$

Donde

$\theta D = \text{ángulo de contacto de polea mayor}$

$$\theta d = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{8 - 2,5}{2 * 11,81} \right) = 3,61 \text{ rad} = 206,93^\circ$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PERIFÉRICA DE LA BANDA

$$V = \frac{\pi d n}{12} \quad \text{Ec. (6.34)}$$

Donde

$V = \text{velocidad periférica de la banda}$

$d = \text{diámetro de la polea menor}$

$n = \text{revoluciones por minuto} = 1720 \text{ rpm}$

$$V = \frac{\pi * 2,5 * 1720}{12} = 1125,73 \text{pie}/\text{min}$$

LONGITUD DE PASO DE LA BANDA

$$Lp = 2c + \pi \left(\frac{D + d}{2} \right) + \frac{(D - d)^2}{4c} \quad \text{Ec. (6.35)}$$

Donde

Lp = longitud de paso de la banda

$$Lp = 2 * 11,81 + \pi \left(\frac{8 + 2,5}{2} \right) + \frac{(8 - 2,5)^2}{4 * 11,81} = 40,75 \text{pulg}$$

POTENCIA PERMITIDA POR BANDA

$$Ha = K1 * K2 * Htab \quad \text{Ec. (6.36)}$$

Donde

Ha = potencia permitida por banda

K1 = factor de corrección del ángulo de cobertura (Anexo N)

K2 = factor de corrección de la longitud de la banda = 0,90 (Anexo O)

Htab = potencia nominal de la banda = 1,27 (Anexo P)

Para sacar K1 se necesita interpolar

$$\frac{D - d}{2} = \frac{(8 - 2,5)}{2} = 0,46$$

Tabla N 6.2 Valores de (D/d) para bandas en V)

[Fuente: Elaborado por el investigador]

(D-d)/2	K1 (plana en V)
0,40	0,80
0,46	X
0,50	0,81

$$K1 = 0,806$$

$$Ha = 0,806 * 0,90 * 1,27 = 0,92HP$$

POTENCIA DE DISEÑO

$$Hd = Hnom * Ks * nd \quad Ec. (6.37)$$

Donde

Hd = potencia de diseño

Hnom = potencia nominal = 0,5HP

Ks = factor de servicio = 1,2 (Anexo Q)

nd = factor de diseño

$$Hd = 0,5 * 1,2 * 1 = 0,6HP$$

NÚMERO DE BANDAS

$$Nb \geq \frac{Hd}{Ha} \quad Nb = 1,2,3, \dots \quad Ec. (6.38)$$

Por lo regular el número de bandas Nb, es el entero siguiente mayor de Hd/Ha

$$\frac{0,6}{0,92} = 0,65 \quad ; \quad Nb = 1$$

Entonces se necesita una sola banda para este diseño de transmisión.

TENSIÓN CENTRÍFUGA

$$Fc = Kc \left(\frac{V}{1000} \right)^2 \quad \text{Ec. (6.39)}$$

Donde

Fc = tensión centrífuga

Kc = 0,561 (Anexo R)

$$Fc = 0,561 \left(\frac{1125,73}{1000} \right)^2 = 0,711lb$$

La potencia que se transmite está dada por $\Delta F = F1 - F2$

$$\Delta F = \frac{63025 \left(\frac{Hd}{Nb} \right)}{n \left(\frac{d}{2} \right)} \quad \text{Ec. (6.40)}$$

$$\Delta F = \frac{63025 \left(\frac{0,6}{1} \right)}{1720 \left(\frac{2,5}{2} \right)} = 17,58lb$$

TENSIÓN MAYOR

$$F1 = Fc + \frac{\Delta F \exp(f\Phi)}{\exp(f\Phi) - 1} \quad \text{Ec. (6.41)}$$

Donde

F1 = tensión mayor

$$F1 = 0,71 + \frac{17,58(3,82)}{3,82 - 1} = 24,52lb$$

TENSIÓN MENOR

$$\Delta F = F1 - F2$$

$$F2 = F1 - \Delta F$$

Donde

F2 = tensión menor

$$F2 = 24,52 - 17,58 = 6,94lb$$

TENSIÓN INICIAL CON RELACIÓN A LAS FUERZAS F1 Y F2

$$Fi = \frac{F1 + F2}{2} - Fc \quad \text{Ec. (6.42)}$$

$$Fi = \frac{24,52 + 6,94}{2} - 0,71 = 15,02lb$$

FACTOR DE SEGURIDAD

$$fs = \frac{Ha * Nb}{Hnom * Ks} \quad Ec. (6.43)$$

Donde

$fs =$ factor de seguridad

$Ks =$ factor de servicio = 1,3 (Anexo Q)

$$fs = \frac{0,92 * 1}{0,5 * 1,3} = 1,4$$

Que es el factor que se esperaba.

VIDA DE LA BANDA

$$Fb1 = \frac{Kb}{d} \quad Ec. (6.44)$$

$kb = 220$ (Anexo R)

$$Fb1 = \frac{220}{2,5} = 88lb$$

$$Fb2 = \frac{220}{8} = 27,5lb$$

Las correlaciones de durabilidad (vida) se complican por el hecho de que la flexión induce esfuerzos de flexión en la banda, la tensión correspondiente en la banda que induce el mismo esfuerzo es $Fb1$ en la polea impulsora y $Fb2$ en la polea impulsada, tales tensiones equivalentes se suman a $F1$ como:

$$T1 = F1 + Fb1$$

$$T1 = 24,52 + 88 = 112,52lb$$

$$T2 = F2 + Fb2$$

$$T2 = 6,94 + 27,5 = 34,44lb$$

Calculando la relación tensión-pasadas de la siguiente forma:

$$Np = \left[\left[\frac{K}{T1} \right]^{-b} + \left[\frac{K}{T2} \right]^{-b} \right]^{-1} \quad Ec. (6.45)$$

Donde

Np = número de pasadas

$K = 674$ (Anexo S)

$b = 11,089$ (Anexo S)

$$Np = \left[\left[\frac{674}{112,52} \right]^{-11,089} + \left[\frac{674}{34,44} \right]^{-11,089} \right]^{-1} = 4,17 * 10^8 pasadas$$

La vida en horas t está dada por:

$$t = \frac{Np * Lp}{720 * V} \quad Ec. (6.46)$$

$$t = \frac{4,17 * 10^8 * 40,75}{720 * 1125,73} = 20965,09h$$

6.6.1.8 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

Por último se procede al cálculo de la estructura que va a soportar todos los componentes de la máquina y a la vez para seleccionar correctamente el material adecuado que permita un trabajo eficiente de la máquina.

CÁLCULO DE CARGAS

La estructura está sometida a las siguientes cargas:

Carga Muerta

Es la carga permanente a la que está expuesta la estructura, en la cual constan el peso propio, peso de los componentes metálicos y el peso de los componentes eléctricos.

- Peso propio de la estructura

El peso propio que se considera es de 15,90 Kg que es el peso de la estructura.

$$P_{propio} = 15,90Kg$$

- Peso de los componentes metálicos

Aquí constan las siguientes cargas: peso de la base del motoreductor, peso del rodete, peso del eje del motoreductor, el peso de las barras guías, peso de los ejes que sirven de guía para el deslizamiento del motor, peso base inferior, peso base superior, peso tornillo de potencia.

$$P_{cm} = P_{bm} + P_r + P_{jr} + P_{bg} + P_{eb} + P_{bi} + P_{bs} + P_{tp} \quad Ec. (6.47)$$

Donde

P_{cm} = peso de los componentes metálicos

P_{bm} = peso de la base del motoreductor = 19lb = 8,63Kg

P_r = peso del rodete = 5lb = 2,27Kg

P_{jr} = peso del eje del motoreductor = 3lb = 1,36Kg

P_{bg} = peso de las barras guías = 5,2lb = 2,36Kg

$P_{eb} = \text{peso ejes guía} = 11,80\text{lb} = 5,36\text{Kg}$

$P_{bi} = \text{peso base inferior} = 9,1\text{lb} = 4,13\text{Kg}$

$P_{bs} = \text{peso base superior} = 11\text{lb} = 5\text{Kg}$

$P_{tp} = \text{peso del tornillo de potencia} = 8,2\text{lb} = 3,72\text{Kg}$

$P_{cm} = 8,63 + 2,27 + 1,36 + 2,36 + 5,36 + 4,13 + 5 + 3,72$

$P_{cm} = 32,83\text{Kg}$

- Peso de los componentes eléctricos

Estos son: peso motoreductor, peso caja de mando y el peso del motor para mover el tornillo de potencia.

$$P_{ce} = P_{mtr} + P_{cm} + P_{mt} \quad \text{Ec. (6.48)}$$

Donde

$P_{ce} = \text{peso de los componentes eléctricos}$

$P_{mtr} = \text{peso motoreductor} = 70\text{lb} = 31,8\text{Kg}$

$P_{cm} = \text{peso caja de mando} = 1,8\text{Kg}$

$P_{mt} = \text{peso del motor del tornillo de potencia} = 6,8\text{Kg}$

$$P_{ce} = 31,8 + 1,8 + 6,8 = 40,4\text{Kg}$$

- Carga viva

Es la carga eventual, la cual no actúa permanentemente sobre la estructura. En este caso no existe carga viva, debido a que no constan de elementos móviles que vayan a variar el peso de la estructura.

- Carga Total

$$Pt = Ppropio + Pmuerta + Pviva \quad Ec. (6.49)$$

Donde

$Pt =$ carga total

$$Pt = 15,90 + 32,83 + 40,4 = 89,13Kg$$

DISEÑO DE LA COLUMNA

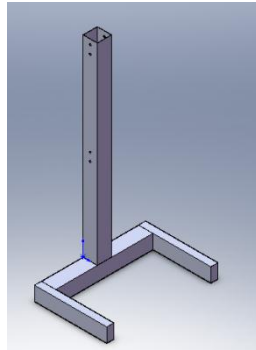


Figura 6.10 Esquema de la estructura

[Fuente Elaborado por el investigador]

Especificaciones:

La altura máxima de la columna es de 1,40m

La carga de diseño es de 89,13 Kg = Pt , debido a que es la carga total que va a soportar la única columna que tiene la estructura.

Factor de seguridad = 3

La estructura está hecha de tubo cuadrado (acero estructural)

CÁLCULO DEL MOMENTO DE INERCIA

$$I = \frac{Pcr * l^2}{C\pi^2 E} \quad Ec. (6.50)$$

Donde

$I =$ momento de inercia

$Pcr =$ carga = 89,13Kg

$L =$ altura de la columna

$E =$ módulo de elasticidad del material = $8 * 10^5 \frac{Kg}{cm^2}$

$C = \frac{1}{4}$ (Anexo T) se considera empotrado – libre

$$I = \frac{Pcr * l^2}{C\pi^2 E}$$

$$Pcr = N * P$$

$$Pcr = 3 * 89,13$$

$$Pcr = 267,39Kg$$

$$I = \frac{267,39kg * 140^2 cm^2}{0,25\pi^2 (8 * 10^5) Kg/cm^2}$$

$$I = 2,65cm^4$$

El momento de inercia calculado es mucho menor que el especificado en el anexo U, por tanto es muy aceptable la estructura expuesta.

Al tener la estructura tipo columna, entonces se la diseña como una columna de Euler.

$$\frac{L}{k} > \left(\frac{L}{k}\right)_1 ; Ec. Euler \quad Ec. (6.51)$$

$$\frac{L}{k} < \left(\frac{L}{k}\right)_1 ; \text{ Ec. Johnson} \quad \text{Ec. (6.52)}$$

$$\left(\frac{L}{k}\right)_1 = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E * C}{S_y}} \quad \text{Ec. (6.53)}$$

$$\left(\frac{L}{k}\right)_1 = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * (207 * 10^9) * 0,25}{250 * 10^6 Pa}} = 63,92$$

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Ec. (6.54)}$$

$$k = \sqrt{\frac{297 cm^4}{100 cm^2}} = 1,72 cm$$

$$\frac{L}{k} = \frac{140 cm}{1,72 cm} = 81,39$$

$\frac{L}{k} > \left(\frac{L}{k}\right)_1$; $81,39 > 63,92$; entonces utilizamos la ecuación de Euler

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi * E * C}{\left(\frac{L}{k}\right)^2} \quad \text{Ec. (6.55)}$$

$A = \text{área}$

$$P_{cr} = \frac{\pi * E * C}{\left(\frac{L}{k}\right)^2} * A$$

$$P_{cr} = \frac{\pi * (207 * 10^9) * 0,25}{(81,39)^2} * 0,01 = 245424,62 N$$

Entonces esta columna soporta una carga axial máxima de:

$$P_{cr} = 245424,62 N = 25043,32 Kg$$

$$P_{cr \text{ máquina}} < P_{cr \text{ calculada}} \quad \text{Ok}$$

6.7 METODOLOGÍA

6.7.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Alimentación:	220V – 60Hz
Potencia:	1HP – 745.7 Watts
Capacidad:	115Kg – 2.5 quintales
Dimensiones:	75cm (ancho) * 1. 65cm (alto) *70cm (prof.)
Peso:	68Kg. aprox.



Fig. N° 6.11 Máquina mezcladora

[Fuente: Elaborado por el investigador]



Fig. N°6.12 Tanque de mezcla de la máquina.

[Fuente: Elaborado por el investigador]



Fig. N° 6.13 Mezcladora. Conjunto Armado.

[Fuente: Elaborado por el investigador]



Fig. N° 6.14 Vista lateral de la máquina.

[Fuente: Elaborado por el investigador]



Fig. N° 6.15 Mecanismo de bajada y subida del rodete

[Fuente: Elaborado por el investigador]

6.7.2 IDENTIFICACIÓN DE PARTES ELÉCTRICAS

- Pulsador 1, corta la alimentación de energía en cualquier instante en el sistema de subida y bajada del rodete de mezcla.

- Pulsador 2, enciende el motor del tornillo de potencia en sentido horario, es decir para la elevación del rodete.

Pulsador 3, enciende el motor del tornillo de potencia, pero en sentido contrario, es decir para bajar el rodete.

Pulsador 4, enciende el motor para el proceso de mezclado.

Pulsador 5, apaga el motor para el proceso de mezcla.

Luz piloto 1, indica que el rodete de mezcla está subiendo.

Luz piloto 2, indica que el rodete de mezcla está bajando.

Luz piloto 3, indica que el motor para el proceso de mezcla está encendido.

Final de carrera 1, detiene automáticamente el sistema de elevación del rodete

Final de carrera 2, detiene automáticamente el sistema de bajada del rodete.

6.7.3 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- Cuando el rodete esté en funcionamiento, no introduzca las manos en el tanque de mezcla.

- Para elevar el rodete, verifique que éste se encuentre apagado.

- No utilice la mezcladora con otro tipo de fluido.

- Cuando la máquina esté en funcionamiento, asegúrese de que el operario no se descuide hasta que no haya terminado el proceso.

- Utilizar la máquina solamente con la persona indicada o capacitada para el funcionamiento de la misma.
- Evite el contacto con el tornillo de potencia mientras éste se encuentra en funcionamiento.
- Al momento del traslado del tanque con el producto hacia la máquina, asegúrese de que no se encuentren objetos sobre el piso que obstaculicen la libre circulación.

6.7.4 MANUAL DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

1. Asegúrese de que el swich de la caja de mando esté encendido.
2. Introduzca el tanque con el producto a mezclar en la máquina y asegúrese de que esté centrado.
3. Baje el rodete de mezcla mediante el pulsador 3.
4. Encienda el motor de la mezcladora (pulsador 4).
5. Vaciar el ingrediente a mezclar (azúcar), en el tanque mientras el rodete está girando.
6. Una vez que la mezcla se ha realizado, (5 minutos aproximadamente), apague el motor (pulsador 5).
7. Subir el rodete (pulsador 2), para retirar el tanque con el producto mezclado.

Nota: realizar la limpieza del rodete y del tanque una vez terminado el proceso para evitar que el producto se pegue y se endure en las paredes de los mismos.

6.8 ADMINISTRACIÓN

Para la construcción de la máquina se ha estimado una cantidad determinada de dinero para cubrir los costos, por tal razón resulta importante justificar su inversión para estimar el tiempo de recuperación del capital invertido.

6.8.1 ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos resulta muy importante, ya que de esta manera se puede distribuir de mejor manera las actividades que conllevan a la construcción de la mezcladora, tales como el correcto seleccionamiento de los materiales, la toma de decisiones y la distribución adecuada de los recursos económicos.

6.8.1.2 COSTOS DIRECTOS

Los costos directos son los valores cancelados de los materiales empleados para la construcción de la máquina.

COSTOS DE MATERIALES (CM)

Los costos de los materiales utilizados para la construcción de la mezcladora se detallan en la siguiente tabla.

Tabla N° 6.3 Costos unitarios de materiales utilizados

[Fuente: Elaborado por el investigador]

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO (USD)	P. TOTAL (USD)
2m de tubo cuadrado 100 ²	unidades	1	17,31	17,31
1m de tubo rectangular 100 ² 50 ²	unidades	1	6,41	6,41
0,73m eje SAE 1018 de 1 ^{1/4} ”	libras	1	9,56	9,56
0,05m eje SAE 1018 de 2”	libras	1	1,63	1,63
0,30m eje SAE 1018 de 1 ^{3/4} ”	libras	1	6,75	6,75
1,42m eje SAE 1018 de 1”	libras	1	15,70	15,70
0,24m eje SAE 1018 de 1 ^{1/2} ”	libras	1	4,13	4,13
0,45m eje acero inoxidable AISI 304	libras	1	25	25
Chumacera de pared de 1”		2	3,95	7,90
2m. Platina 2”*3/16”	unidades	1	5,00	5,00
1m Platina 4” * 1/4	unidades	1	4,50	4,50
6m de Ángulo 1” * 1/4	unidades	1		5,35
Electrodos AGA 6011	libras	2	1,70	3,40
Electrodos AGA 6013	libras	2	2,30	4,60

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO (USD)	P. TOTAL (USD)
4 tuercas 5/8" 4 arandelas planas 5/8" 4 pernos 7/16" * 1 1/2" 8 arandelas planas 7/16" 8 pernos 3/8" * 1 1/2" 8 arandelas planas 3/8"	unidades			5,50
6 pernos 5/16" * 4 1/2" 2 pernos 5/16" * 1/2" 16 arandelas planas 5/16"	unidades			2,55
8 pernos 5/16" * 3/4" 16 arandelas planas 5/16"	unidades			1,75
9,89Kg de plancha 8mm	kilogramos	1	1,68	16,62
Garrucha 4"	unidades	4	3,15	12,60
Garrucha 5"	unidades	4	3,79	15,16
Polea 8"		1	7,19	7,19
Polea 2"	unidades	1	1,70	1,70
SUBTOTAL				180,31

Tabla N° 6.4 Costos de materiales varios (CMV)

[Fuente: Elaborado por el investigador]

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO (USD)	P. TOTAL (USD)
Moto reductor de 1 HP	1	648	648
Banda tipo V	1	2,70	2,70

Materiales para automatización			200
Tanque acero inoxidable AISI 304	1	150	150
Espray acrílico color café	2	2,45	4,90
Cromado de la máquina		160	160
SUBTOTAL			1250,60

6.8.1.3 COSTOS INDIRECTOS

Este tipo de gastos corresponden a la utilización de mano de obra, utilización de maquinaria entre otros gastos que fueron necesarios para la construcción de la máquina.

El costo de mano de obra de un mecánico por la construcción de la máquina es de 200 dólares. Además se necesitó también de un tornero, debido a que para este trabajo se utilizó maquinaria que un taller mecánico de cerrajería no la posee, en el costo total del tornero está incluida la mano de obra del mismo, así como también la utilización de la maquinaria.

Tabla N°6.5 COSTO DE MANO DE OBRA (CMO)

[Fuente: Elaborado por el investigador]

DESCRIPCIÓN	COSTO
Tornero	50
Mano de obra (mecánico)	200
SUBTOTAL	250

COSTO TOTAL DEL PROYECTO (CTP)

$$\text{CTP} = \text{CD} + \text{CI} + \text{IMPREVISTOS}$$

Tabla 6.6 Costo Total del proyecto.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

N°	COSTO	VALOR (USD)
1	CM	180,31
2	CMV	1250,60
3	CMO	250
SUBTOTAL		1680,91
IMPREVISTOS 10%		168,091
COSTO TOTAL		1849

Los costos que se invirtieron en la construcción de la máquina se justifican por el siguiente análisis económico:

1 Ahorro de tiempo

Como se pudo observar anteriormente, el proceso de mezclado del chocolate tienen un tiempo estimado de 20 minutos, ya que se lo realiza manualmente, mientras que con la máquina mezcladora este proceso se lo realizaría en 5 minutos lo que representa un ahorro de tiempo de 15 minutos, y a la vez facilita el trabajo al obrero.

2 Recuperación de la inversión.

Para la recuperación de la inversión se estima el ahorro de tiempo en este proceso, el cual es de 25%, es decir 15 minutos por cada 115 Kg, por lo que con la máquina se tiene un aumento de producción del 25%.

Tomando en cuenta que el sueldo por hora de un obrero de esta fábrica es de 2,50 dólares y que el ahorro de tiempo por día en el proceso de mezclado es de 30 minutos, esto nos da:

$$\text{Ahorro}(\text{tiempo/día}) = 30 \frac{\text{min}}{\text{día}} = 0,5 \frac{\text{h}}{\text{día}}$$

$$\text{Ahorro}(\text{man. obra/día}) = 0,5 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 2,50 \frac{\$}{\text{h}} = 1,25 \frac{\$}{\text{día}}$$

Teniendo en cuenta que para este proceso se necesita de dos personas, entonces el ahorro de mano de obra por día es de 2,50 dólares.

$$\text{pod.}(\text{año}) = 2,50 \frac{\$}{\text{día}} * \frac{20\text{días}}{1\text{mes}} * \frac{12\text{meses}}{1\text{año}} = 600 \frac{\$}{\text{año}}$$

El costo total del proyecto es de 1849, entonces ésta inversión se la recupera en un tiempo estimado de 5 años de vida útil de la máquina.

Análisis del VAN

El valor del VAN se va a analizar con una tasa de descuento del 12% que es la tasa mínima bancaria.

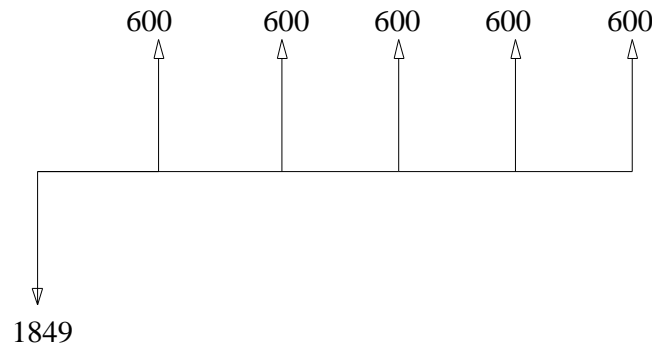


Fig. N° 6.16 Flujo operativo.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

$$VAN = -P + \frac{FE1}{(1+i)} + \frac{FE2}{(1+i)^2} + \frac{FE3}{(1+i)^3} + \frac{FE4}{(1+i)^4} + \frac{FE5}{(1+i)^5} \quad \text{Ec. (6.56)}$$

Donde:

$VAN =$ valor actual neto

$i =$ interés

$FE =$ flujo efectivo

$$VAN = -1849 + \frac{600}{(1+0,12)} + \frac{600}{(1+0,12)^2} + \frac{600}{(1+0,12)^3} + \frac{600}{(1+0,12)^4} + \frac{600}{(1+0,12)^5}$$

$$VAN = 313,85$$

$VAN > 0$; el proyecto es rentable

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

6.9.1 ANÁLISIS DEL PROCESO DE MEZCLADO

El proceso de mezclado que se realizaba en la fábrica era manualmente (Fig. N° 6.17) una vez con la materia prima, es decir con el cacao previamente tostado y pelado, se pasaba al proceso de molido, el cual se basa en hacer pasar la materia prima por los molinos adecuados para este tipo de producto, hasta llegar a obtener el licor de chocolate refinado, el mismo que se encuentra a una temperatura de 35 a 40 °C, posteriormente se realiza el proceso de mezclado, en el cual se necesitaba de dos personas, la una para ir agregando el ingrediente a mezclar “azúcar”, y la otra para ir mezclando los dos productos, “el licor de chocolate y el azúcar” de manera manualmente con la ayuda de dos paletas de pequeñas dimensiones,

teniendo contacto directo de las manos con el producto, lo que ocasionaba quemaduras en las manos, por otra parte se necesitaba de un mayor esfuerzo para poder mezclar éstos dos productos ya que se lo realiza en cantidades considerables como para seguir haciéndolo manualmente, “2.5 quintales”, ocasionando también lesiones a largo plazo en los brazos del obrero o de la persona que realizaba esta actividad.



Fig. N° 6.17 Mezclado manual

[Fuente: Fábrica de chocolate Carolina]

El proceso de mezclado que se realiza actualmente en la Fábrica es más eficiente y fácil, una vez con el licor de chocolate en el tanque de mezcla de la máquina, solamente hay que ir agregando el azúcar para que la máquina haga su trabajo, “mezclar” como se puede observar en la figura N 6.18.

Se logró que este proceso sea de manera industrial, es decir con la ayuda de una maquina mezcladora previamente diseñada. Además se consiguió que ésta actividad lo realice una sola persona la cual opere la máquina con la ayuda solamente de botones pulsadores. A más de reducir el tiempo de mezclado se evitó el contacto directo del producto con las manos del obrero, ya que la máquina se la diseñó para que realice este trabajo de manera semiautomática, reduciendo el esfuerzo y evitando lesiones en el obrero.



Fig. N° 6.18 Mezclado con máquina

[Fuente: Fábrica de chocolate Carolina]

Tabla N° 6.7 Detalles de la primera prueba de funcionamiento.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Fecha: Viernes 29 de Abril del 2011			
Hora de inicio : 06h30 am			
Hora de terminación: 06h38 am			
Componente	Funcionamiento		
	Tiempo de func. (min.)	Funciona	No funciona
Pulsador 1	0	si	
Pulsador 2	0.06	si	
Pulsador 3	0.06	si	
Pulsador 4	8	si	
Pulsador 5	0	si	
Contactores	-	si	
Motor del torn.	0.12	si	
Motor de mezcla	8	si	
Luces piloto	-	si	

Tabla N° 6.8 Detalles de la segunda prueba de funcionamiento.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Fecha: Viernes 29 de Abril del 2011		Hora de inicio : 07h40 am	
		Hora de terminación: 07h47 am	
Componente	Funcionamiento		
	Tiempo de func. (min.)	Funciona	No funciona
Pulsador 1	0	si	
Pulsador 2	0.06	si	
Pulsador 3	0.06	si	
Pulsador 4	7	si	
Pulsador 5	0	si	
Contactores	-	si	
Motor del torn.	0.12	si	
Motor de mezcla	7	si	
Luces piloto	-	si	

Tabla N° 6.9 Detalles de la tercera prueba de funcionamiento.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Fecha: Viernes 13 de Mayo del 2011		Hora de inicio : 06h20 am	
		Hora de terminación: 06h26 am	
Componente	Funcionamiento		
	Tiempo de func. (min.)	Funciona	No funciona
Pulsador 1	0	si	
Pulsador 2	0.06	si	

Pulsador 3	0.06	si	
Pulsador 4	6	si	
Pulsador 5	0	si	
Contactores	-	si	
Motor del torn.	0.12	si	
Motor de mezcla	6	si	
Luces piloto	-	si	

Tabla N° 6.10 Detalles de la cuarta prueba de funcionamiento.

[Fuente: Elaborado por el investigador]

Fecha: Viernes 13 de Mayo del 2011		Hora de inicio : 07h15 am	
		Hora de terminación: 07h21 am	
Componente	Funcionamiento		
	Tiempo de func. (min.)	Funciona	No funciona
Pulsador 1	0	si	
Pulsador 2	0.06	si	
Pulsador 3	0.06	si	
Pulsador 4	6	si	
Pulsador 5	0	si	
Contactores	-	si	
Motor del torn.	0.12	si	
Motor de mezcla	6	si	
Luces piloto	-	si	

6.9.1 MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA

El manual de mantenimiento de la máquina sirve para asegurar el correcto funcionamiento de la misma y para evitar fallas mientras está en funcionamiento, razones por las cuales resulta importante seguir el siguiente mantenimiento:

- Lubricar los rodamientos del tornillo de potencia cada mes, para evitar el endurecimiento en el interior del anillo y también para un óptimo desenvolvimiento de los mismos.
- Lubricar el tornillo de potencia con aceite liviano para evitar el desgaste prematuro de los dientes de la rosca.
- Al terminar el proceso de mezclado, limpiar inmediatamente el tanque y el rodete, esto con el fin de evitar que el fluido se adhiera tanto a las paredes del tanque como del rodete, ya que a temperatura ambiente y luego de un determinado tiempo el chocolate pasa de fase líquida a sólida.
- No introducir objetos dentro del tanque mientras esté en funcionamiento.
- No utilizar la máquina con otro tipo de fluido, debido a que puede causar daños al motor.
- Al momento de introducir el tanque de mezcla en la máquina, asegúrese de que esté centrado, para evitar el rozamiento del rodete con las paredes del tanque.
- Evitar la manipulación de la caja de mando mientras la máquina no esté en funcionamiento.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- JUTZ, Hernann y otros. (2004). Tablas para la Industria Metalúrgica. Editorial Reverté. Barcelona-España.

- LARBURU; Nicolás. (2005). Máquinas Prontuario. Tercera Edición. Editorial Thomson Paraninfo. Madrid.

- MCDONALD Alan. T. Introducción a la Mecánica de Fluidos. Editorial MacGrawhill. Mexico 1995.

- MOTT. L. Robert. Mecánica de fluidos Aplicada. Cuarta Edición. Hall Hispanoamericana S.A. Editores. España.

- NEELY, John E. (2002). Metalurgia y Materiales Industriales. Editorial Limusa. México D.F.

- PYTEL, Andrew y otros. (2005). Resistencia de Materiales. Traducción de la cuarta edición en inglés. Editorial Alfaomega. México D.F.

- SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. Quinta Edición- McGRAW-HILL INTERAMERICANA Editores S.A. México D.F.

- STEFFE, James F, Ph.D., “Rheological Methods In Food Process Engineering”. 2a ed., Ed Freeman Press, USA, 1992

- STREETER, Víctor. (2000). Mecánica de fluidos. McGraw – Hill.

- TIMINGS, R.L. (2001). Tecnología de la Fabricación (Tratamiento Térmico, Proceso y Máquinas Herramientas). Editorial Alfaomega. México D.F.

- VILLAVICENCIO. Beatriz Ana. Implementación de buenas prácticas de manufactura en el proceso de elaboración del chocolate.

- CATÁLOGO de rodamientos SKF.

INERNET

http://www.milu.cps.unizar.es/jblasco/mixsim_examples

<http://www.bakker.org>

<http://www.unctad.org/infocomm/espagnol/vibra/descripción.htm>,(20 de Mayo del 2009)

www.laboris.net/.../ca_dia_optimizar-tiempo.aspx

<http://www.unctad.org/infocomm/espagnol/cacao/tecnologia.htm>

http://es.wikipedia.org/wiki/Theobroma_cacao

<http://es.wikipedia.org/wiki/Chocolate>

<http://www.bluer.es/Aplicaciones/Cacao.htm>

http://www.miliarium.com/prontuario/tablas/constantes_agitadores.asp

<http://reologia-alimentos.org.htm>

www.csunitec.com/.../mixers/mixers_stands.html

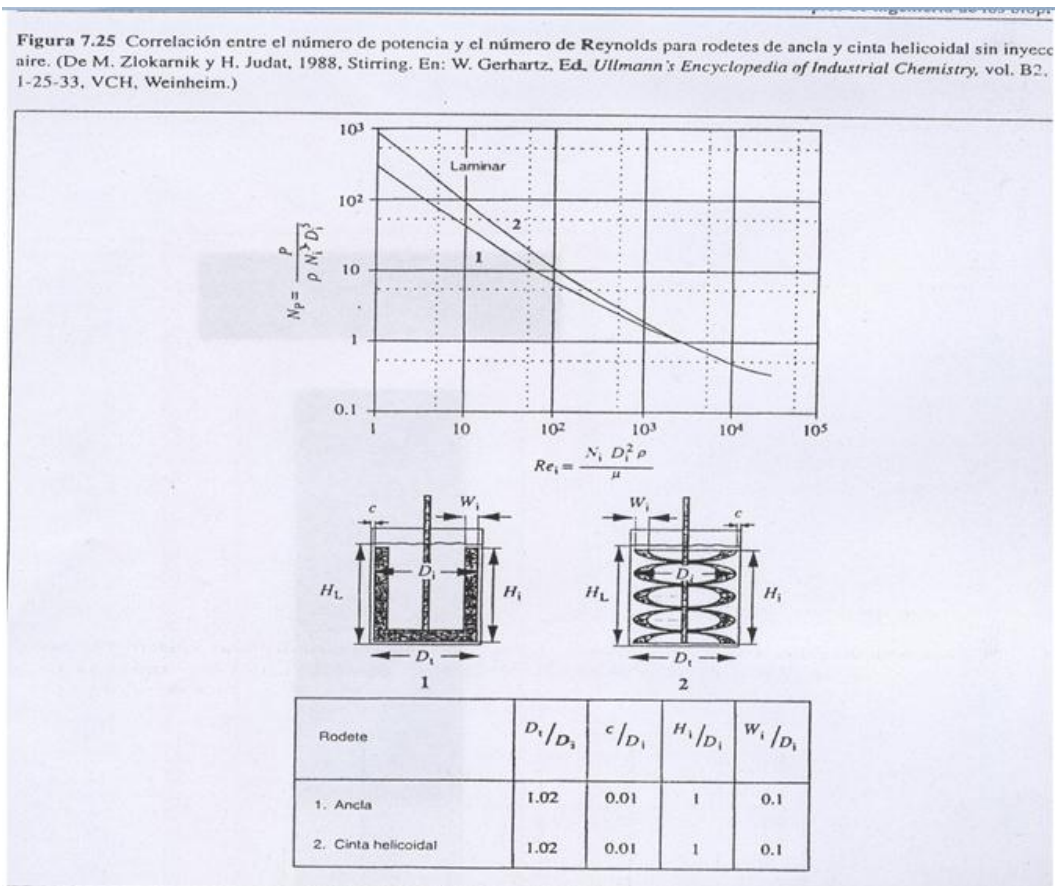
<http://www.agitadores\Induvalma.htm>

<http://www.invima.gov.co/version1/normatividad/alimentos/resolucion%202546%20de%202004.htm>

<http://www.invima.gov.co/version1/normatividad/alimentos/Auerdo1703203.htm>

ANEXOS

Anexo A. Dimensiones para rodetes tipo ancla.



Anexo B. Constantes de agitación Laminares para varios tipos de rodetes

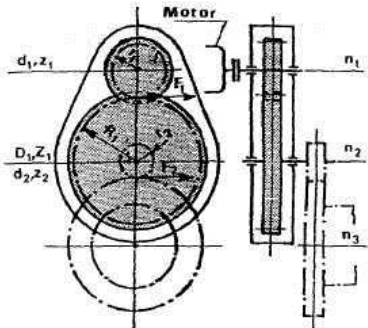
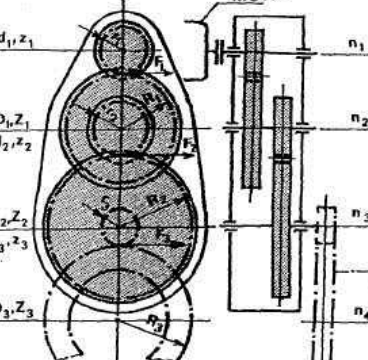
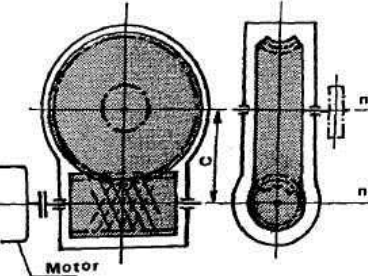
Tipo de impulsor	K_L	K_T
Impulsor hélice, tres palas		
Paso 1.0	41	0.32
Paso 1.5	48	0.87
Turbina		
Disco de seis palas	65	5.75
Seis palas inclinadas	—	1.63
Cuatro palas inclinadas	44.5	1.27
Paleta plana, dos palas	36.5	1.70
Impulsor HE-3	43	0.28
Ancla	300	0.35

Anexo C. Intensidades absorbidas por motores eléctricos

Instalaciones eléctricas		INTENSIDADES ABSORBIDAS POR MOTORES ELÉCTRICOS										TABLA 16 . 5	
Intensidad absorbida													
La intensidad absorbida por los motores eléctricos, se expresa por:													
$I = \frac{735,4 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$, amperios													
siendo:													
P		La potencia del motor en CV											
V		La tensión de la línea en voltios											
cos φ		El factor de potencia											
η		El rendimiento del motor											
INTENSIDADES ABSORBIDAS POR MOTORES DE C. CONTINUA Y ALTERNA													
Potencia util		Rendimiento η	cos φ	Corriente continua				c.a. monofásica		c.a. bifásica 220 V	c.a. trifásica		
CV	KW			110 V	220 V	440 V	500 V	110 V	220 V		220 V	380 V	500 V
0,5	0,37	0,74	0,75	4,52	2,26	1,13	1,00	6,02	3,01	1,51	1,74	1,10	0,77
0,75	0,55	0,76	0,77	6,60	3,30	1,65	1,46	8,57	4,29	2,15	2,48	1,44	1,09
1	0,74	0,78	0,80	8,58	4,29	2,15	1,89	10,8	5,36	2,58	3,10	1,79	1,37
1,5	1,10	0,79	0,82	12,7	6,35	3,18	2,80	15,5	7,75	3,87	4,47	2,59	1,97
2	1,47	0,81	0,83	16,5	8,25	4,13	3,64	19,9	9,95	4,97	5,74	3,32	2,53
2,5	1,84	0,81	0,83	20,7	10,4	5,16	4,56	24,9	12,5	6,23	7,17	4,15	3,16
3	2,21	0,82	0,84	24,5	12,3	6,13	5,40	29,6	14,8	7,36	8,52	4,93	3,75
4	2,94	0,83	0,85	32,3	16,2	8,16	7,10	38,4	19,2	9,60	11,1	6,40	4,89
5	3,68	0,85	0,87	39,4	19,7	9,84	8,66	46,3	23,2	11,6	13,4	7,80	5,90
6	4,41	0,86	0,87	46,7	23,4	11,7	10,3	53,7	26,9	13,4	15,5	9,00	6,90
7	5,15	0,86	0,87	54,5	27,3	13,7	12,0	62,6	31,4	15,7	18,2	10,5	8,00
8	5,88	0,87	0,87	61,5	30,8	15,4	13,6	70,7	35,4	17,7	20,4	11,8	9,00
9	6,62	0,87	0,87	69,2	34,6	17,3	15,3	79,6	39,8	19,9	23,0	13,3	10,1
10	7,35	0,87	0,88	76,8	38,4	19,2	17,0	87,4	43,7	21,8	25,3	14,6	11,1
11	8,09	0,87	0,88	84,5	42,3	21,2	18,6	96,0	48,0	24,1	27,8	16,1	12,3
12	8,82	0,87	0,88	92,0	46,0	23,0	20,4	105	52,5	26,2	30,3	17,5	13,3
13	9,56	0,87	0,88	100	50,0	25,0	22,0	114	56,8	28,4	32,8	19,5	14,5
14	10,3	0,87	0,88	108	53,8	26,9	23,8	122	61,1	30,6	35,4	20,5	15,6
15	11,0	0,88	0,88	114	57,0	28,5	25,2	130	64,8	32,8	37,4	21,7	16,5
16	11,8	0,88	0,88	124	61,8	30,4	26,8	138	69,0	35,0	40,0	23,2	17,8
17	12,5	0,88	0,88	130	64,6	32,3	28,4	147	73,4	37,2	42,5	24,6	18,7
18	13,2	0,88	0,89	137	68,5	34,2	30,2	154	76,9	38,4	44,5	25,8	19,8
19	14,0	0,88	0,89	145	72,2	36,1	31,8	162	81,0	40,6	46,9	27,2	20,7
20	14,7	0,88	0,89	152	76,0	38,0	33,6	170	85,0	42,7	49,4	28,6	21,8
21	15,4	0,89	0,89	158	79,0	39,5	34,8	178	88,7	44,4	51,2	29,7	22,6
22	16,2	0,89	0,89	166	82,7	41,4	36,4	186	93,0	46,5	53,6	31,1	23,6
23	15,9	0,89	0,89	173	86,4	43,2	38,0	195	97,2	48,5	56,1	32,5	24,7
24	17,6	0,89	0,89	181	90,2	45,1	39,8	203	102	50,7	58,5	33,9	25,8
25	18,4	0,89	0,89	188	94,0	47,0	41,4	212	106	52,7	61,0	35,3	26,9
30	22,1	0,89	0,90	226	113	56,4	49,6	251	126	62,7	72,4	41,9	31,9
40	29,4	0,89	0,90	300	150	75,1	66,2	334	167	83,6	96,6	55,9	42,5
50	36,8	0,90	0,91	372	186	93,0	81,8	408	204	102	118	68,3	52,0
60	44,1	0,91	0,92	441	221	111	97,0	480	240	120	139	80,2	61,0
70	51,5	0,91	0,92	515	258	129	114	560	280	140	162	93,5	71,0
80	58,8	0,91	0,92	588	294	147	130	640	320	160	184	107	81,1
90	66,2	0,91	0,92	662	331	166	146	719	360	180	208	120	91,2
100	73,5	0,92	0,93	727	364	182	160	782	391	196	226	131	99,3
125	91,9	0,93	0,93	900	450	225	198	967	484	242	279	162	123
150	110	0,93	0,93	1080	540	270	238	1160	580	290	335	194	148
200	147	0,93	0,93	1440	720	360	317	1545	773	387	446	259	197

Nota.— Las intensidades expresadas pueden variar ligeramente según la especialización de cada fabricante.

Anexo D. Rendimiento de reductores de velocidad

Máquinas simples	REDUCTORES DE REVOLUCIONES
	<p style="text-align: center;">Reductor simple (1 juego)</p> <p>Reducciones recomendadas: Velocidad lenta (manual o mecánica) : $i \leq 1/10$ Pequeña velocidad : $i \approx 1/7 - 1/6$ Gran velocidad : $i \approx 1/5$</p> <p>Rendimiento de los engranajes: Dientes en bruto (fundidos), engrasados. $\eta = 0,92 - 0,94$ Dientes fresados, engrasados $\eta = 0,95 - 0,97$ Dientes fresados, en baño de aceite $\eta = 0,98 - 0,99$</p> <p>Reducción, $i = \frac{r_1}{R_1} = \frac{d_1}{D_1} = \frac{z_1}{Z_1}$; z, número de dientes</p> <p>Revoluciones, $n_2 = n_1 \cdot \frac{r_1}{R_1}$</p> <p>Potencia a transmitir, $F_2 = F_1 \cdot \frac{R_1 \eta}{r_2}$</p> <p>Ejemplo. — Número de revoluciones del eje de salida y potencia que transmite un reductor simple, accionado por un motor que gira a 750 r.p.m.; $d_1 = 10$ cm, $d_2 = 250$ cm, $d_3 = 7$ cm. $N = 5$ CV. $n_2 = 750 \times \frac{5}{12,5} = 300$ r.p.m. $F_1 = \left(\frac{71620 \times N}{r_1 \cdot n_1} \right) = 95,5$ kg; $F_2 = 95,5 \times \frac{12,5 \times 0,98}{3,5} = 334,3$ kg.</p>
	<p style="text-align: center;">Reductor múltiple (varios juegos de ruedas dentadas)</p> <p>Reducción, $i = \frac{r_1 r_2 \dots r_n}{R_1 R_2 \dots R_n}$ Número de revoluciones, $n_n = n_1 \cdot i$ Rendimiento, $\eta_t = 1 \cdot 0,98^n$ (engranajes fresados en baños de aceite).</p> <p>Potencia a transmitir, $F_n = F_1 \cdot \frac{1}{i \cdot 0,98^n}$</p> <p>Ejemplo. — Características de un reductor dispuesto entre un motor y la rueda de un torno que eleva 6000 kg a 6,0 m/min. Torno con polea compensadora ($e_G = e_F/2$), de 400 mm \varnothing y rueda de 700 mm \varnothing; presión de los dientes de la rueda 900 kg; motor de 750 r.p.m. Revoluciones del motor (4% resbalamiento), $n_m = 750 \times (1 - 0,04) = 720$ $e_F = \frac{2 \times 6,0 \times 350}{200} = 21$ m/min; $n_1 = \frac{21}{\pi \cdot 0,7} = 9,55$ r.p.m. $i = \frac{9,55}{720} = \frac{1}{75,4}$; 3 reducciones de 1/3, 1/4, 2, 1/6 = 1/75,6, disponible el conjunto de modo semejante a la figura. $n_1 = 720$ r.p.m.; $n_2 = 720 \times (1/3) = 240$ r.p.m.; $n_3 = 240 \times (1/4,2) = 57,14$ r.p.m. $n_4 = 57,14 \times (1/6) = 9,52$ r.p.m. $F_3 = 900$ kg; $F_2 = \frac{900}{4,2 \times 0,95 \times 0,98} = 230,2$ kg; $F_1 = \frac{230,2}{3 \times 0,98} = 78,3$ kg; $N = \frac{6000 \times 6,0}{60 \times 75 \times 0,95 \times 98^2} = 8,77$ CV, potencia neta.</p>
	<p style="text-align: center;">Reductor de tornillo sin fin</p> <p>Reducción, $i = \frac{z_1}{z_2}$; z_1, número de entradas del tornillo. z_2, número de dientes de la rueda.</p> <p>Se recomienda $z_1 = \frac{7 + 12\sqrt{\frac{c}{25,4}}}{i}$; $z_2 \geq 12$</p> <p>Rendimiento: Sin fin de 1 entrada (filete), $\eta = 0,5 - 0,6$ Sin fin de 2 entradas $\eta = 0,7 - 0,8$ Sin fin de 3 entradas $\eta = 0,8 - 0,85$</p> <p>Ejemplo. — Mecanismo de tornillo sin fin de dos entradas y rueda de 24 dientes; Motor de 750 r.p.m. Revoluciones del motor para 4% de resbalamiento, $n_m = 750 \times (1 - 0,04) = 720$ r.p.m. $i = \frac{2}{24} = \frac{1}{12}$; $n_2 = 720 \times \frac{1}{12} = 60$ r.p.m. Rendimiento $\eta = 0,75$</p>

Anexo E. Propiedades de algunos metales.



FICHA TÉCNICA

ACERO INOXIDABLE

ESTÁNDARES APLICABLES: ASTM A-240, UNS S43000, AMS5503

EQUIVALENTES: DIN: 1.4016, X6Cr17
JIS: SUS430

430	COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)						Otros
	C	Mn	Si	Cr	Ni		
	0.12 max	1.0 max	1.0 max	16.0-18.0	0.75 max		P:0.040 max, S:0.030 max

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS							
DENSIDAD							
7.30 g/cm ³ (0.285 lb/pulg ³)							

TEMPER	PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS				CURELA TÍPICA		
	RESISTENCIA A LA TENSION	RESISTENCIA DE CEDIDA A 0.2%	ELONGACION (σ)				
ANNEALED	65 000 min (450 MPa min)	30 000 min (205 MPa min)	22 min		89 Rb max		

NOTA: La dureza es únicamente una guía, la RT y RD son las propiedades mandatorias

CARACTERÍSTICAS

El tipo 430 es un acero inoxidable ferrítico con moderada resistencia a la corrosión y al calor, el 430 no es endurecible por tratamiento térmico, es magnético y tiene una buena ductilidad; puede ser formado fácilmente.

APLICACIONES

Aplicaciones arquitectónicas, partes automotrices, monedas, utensilios de cocina, pernos y tornillos, equipo para procesamiento de alimentos, partes para quemadores, partes electrónicas y aplicaciones en general que requieran una moderada resistencia a la corrosión y oxidación.

Anexo F. Parámetros del factor de modificación superficial

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Anexo G. Factores de confiabilidad K_c .

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_c
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Anexo H. Dimensiones Estándar de chavetas

Chavetas										Chavetas en cuña				TABLA 23.1	
Diámetro del eje d		Chaveta		Cabeza de la chaveta			Chaveteros				Eje		Cubo		
Mín.	Máx.	a-h	b	a ₁	c ₁	c ₂	e	h ₁	f	h	Eje		Cubo		
10	12	4	4	4,1	7	4	2,5				1,5				
12	17	5	5	5,1	8	5	3				2				
17	22	6	6	6,1	10	6	3,5				2,5				
22	30	7	8	7,2	11	8	4				3				
30	38	8	10	8,2	12	10	4,5				3,5				
38	44	8	12	8,2	12	12	4,5				3,5				
44	50	9	14	9,2	14	14	5				4				
50	58	10	16	10,2	16	16	5				5				
58	65	11	18	11,2	18	18	6				5				
65	75	12	20	12,2	20	20	6				6				
75	85	14	22	14,2	22	22	7				7				
85	95	14	25	14,2	22	25	7				7				
95	110	16	28	16,2	25	28	8				8				
110	130	18	32	18,3	28	32	9				9				
130	150	20	36	20,4	32	36	10				10				
150	170	22	40	22,4	36	40	11				11				
170	200	25	45	25,4	40	45	13				12				
200	230	28	50	28,4	45	50	14				14				
230	260	32	56	32,5	50	56	16				16				
260	290	32	63	32,5	56	63	16				16				
290	330	36	70	36,5	63	70	18				18				
330	380	40	80	40,5	70	80	20				20				
380	440	45	90	45,6	75	90	23				22				
440	500	50	100	50,6	80	100	25				25				

Chaveta con cabeza

Chaveta sin cabeza

Chaveta embutida

Chavetero en el eje

Chavetero en el cubo

Observaciones: Acero de 60. Concuerda con la norma DIN 141.

Chavetas										Chavetas de base cilíndrica				TABLA 23.2					
Diámetro del eje d		Chaveta				Chaveteros				Diámetro del eje d		Chaveta				Chaveteros			
Mín.	Máx.	a	b	r	l	e	f	h		Mín.	Máx.	a	b	r	l	e	f	h	
3	4	1,4	1	2	3,82	0,9	0,6			17	22	9	5	11	21,63	7,4	1,8		
4	5	2,6	1,5	3,5	6,76	2,1	0,6					9		11	21,63	7,4			
5	7	2,6	2	3,5	6,76	1,8	0,9			22	28	10	6	12,5	24,49	8,4	1,8		
		3,7		5	9,66	2,9		11	14			27,35		9,4					
7	9	3,7	2,5	5	9,66	2,9	0,9			28	38	11	8	14	27,35	9,5	2,0		
		5		6,5	12,65	3,8		13	16			31,43		11,5					
9	13	6,5	3	8	15,72	5,3	1,3			38	48	15	10	19	37,15	13,5	2,2		
		8		15,72	5,3	16		22,5	43,08			14,5							
		6,5		8,5	12,65	3,8		17	22,5			43,08		14					
13	17	7,5	4	8	15,72	5,3	1,4			48	58	17	12	27,5	50,83	15	2,7		
		9,5		18,57	6,3	19		32,5	59,13			17							
		6,5		8	15,72	4,9		19	32,5			59,13		16,5					
17	22	7,5	5	9,5	18,57	5,9	1,8			58	80	24	12	40	73,32	21,5	2,7		
		9,5		18,57	5,9	24		73,32	21,5										

Anexo I. Características y propiedades mecánicas a la tensión de algunos aceros

1	2	3	4 <i>S_{ut}</i>	5 <i>S_y</i>	6	7	8
UNS NÚM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESAMIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA, MPa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in, %	REDUCCIÓN EN ÁREA %	DUREZ BRINE
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Anexo J. Coeficientes de fricción f de pares roscados

Material del tornillo	Material de la tuerca			
	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero, seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite para máquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06	—	0.06-0.09

Anexo K. rendimiento de transmisiones de fuerza con correas trapeciales.

Órganos de tracción y de sustentación		CORREAS TRAPECIALES CÁLCULO DE LA POTENCIA TRANSMISIBLE						
Potencia transmisible								
La potencia transmisible por las correas trapeciales depende de su sección, del diámetro primitivo de la rueda motriz y de su velocidad angular; se introducen en el cálculo factores de corrección para tener en cuenta la relación de velocidades, el arco o ángulo abrazado por la polea motriz y la longitud L de la correa. El rendimiento de las transmisiones de fuerza con correas trapeciales es $\eta = 0,95$ a $0,985$.								
La potencia transmisible total F en kilovatios, según la Norma UNE 18.163-85, se da por la fórmula								
$P = K(P_1 + \Delta P_1 + \Delta P_2)$ $K = 1,25 \cdot (1 - 5^{-\theta/\pi})$ $P_1 = d_p \cdot \omega \cdot \left[C_1 - C_2 \cdot \frac{1}{d_p} - C_3 \cdot (d_p \cdot \omega)^2 - C_4 \log(d_p \cdot \omega) \right]$ $\Delta P_1 = C_4 \cdot \omega \cdot d_p \log \frac{1}{1 + 10 \frac{C_2 \cdot \frac{1}{d_p} \cdot \left(\frac{1}{S} - 1 \right)}{C_4}}$ $\Delta P_2 = d_p \cdot \omega \cdot C_4 \log \frac{L}{L_0}$								
<p>P_1 es la potencia transmisible de base, expresada en kilovatios.</p> <p>ω es la velocidad angular de la polea menor, expresada en radianes por segundo.</p> <p>d_p es el diámetro primitivo de la polea menor, expresado en milímetros.</p> <p>ΔP_1 es la potencia adicional para la relación de velocidades, expresada en kilovatios.</p> <p>ΔP_2 es la potencia adicional para la longitud de la correa, expresada en kilovatios.</p> <p>L_0 es la longitud de base de la correa, expresada en milímetros.</p> <p>L es la longitud real de la correa, expresada en milímetros.</p> <p>S es igual al mayor de los valores de R o de 1/R, en donde R es la relación de velocidades.</p> <p>L_0 y L se podrán medir, bien en el sistema de referencia, o en el sistema primitivo.</p> <p>C_1, C_2, C_3, C_4 son parámetros correspondientes a correas de una calidad bien definida y con una duración satisfactoria (pueden diferir de una marca u otra o de calidad de correas).</p> <p>θ es el ángulo o arco abrazado alrededor de la polea menor; si θ viene dado en grados, π debe ser sustituido por 180° en la fórmula del cálculo de K.</p>								
Cálculo aproximado de la potencia transferible								
La potencia transferible (aprox.) es:								
$P = k \cdot c \cdot n$, en C.V., siendo:								
k el módulo de potencia expresado en la Tabla que sigue, c el coeficiente de reducción según el arco abrazado por la polea motriz, y n el número de correas.								
Ejemplo. — Cálculo de las correas trapeciales para accionamiento de una máquina servida por un motor de 30 C.V. que gira a razón de 270 r.p.m., siendo el diámetro de la polea motriz $d_1 = 400$ mm; el arco abrazado por la polea motriz es $\alpha = 170^\circ$.								
Velocidad periférica, $v = \frac{\pi \times 0,4 \times 270}{60} = 15$ m/seg.								
Para $v = 15$ m/seg, con correa, por ejemplo tipo D, el módulo de potencia $k = 10,45$ C.V. según la Tabla (interpolación lineal).								
Como $\alpha = 170^\circ$, $c = 0,8$ y la potencia transferible, $P_t = 0,8 \times 10,45 = 8,36$ C.V.								
El número de correas $n = 30/8,36 = 3,59$; se dispondrán 4 correas.								
MÓDULO DE POTENCIA, k C.V.							TABLA 14 . 9	
Tipo de correa		Y	Z	A	B	C	D	E
Velocidad periférica m/seg.	2	0,025	0,11	0,23	0,40	0,90	1,60	2,40
	3	0,04	0,16	0,35	0,61	1,35	2,40	3,60
	4	0,055	0,23	0,46	0,83	1,85	3,20	4,90
	6	0,08	0,33	0,69	1,23	2,65	4,75	7,00
	8	0,11	0,42	0,91	1,62	3,35	6,25	9,00
	10	0,13	0,50	1,11	2,00	4,06	7,70	11,00
	12	0,14	0,58	1,31	2,34	4,70	8,90	12,80
	14	0,15	0,63	1,47	2,60	5,35	10,0	14,30
	16	0,145	0,67	1,58	2,78	5,85	10,9	15,50
	18	0,135	0,67	1,62	2,90	6,15	11,8	16,40
20	0,12	0,63	1,60	2,98	6,20	12,5	17,00	
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SEGÚN EL ARCO ABRAZADO								
Arco abrazado (polea motriz)		180°	170°	160°	150°	140°	130°	120°
Coeficiente de reducción		1,00	0,98	0,95	0,92	0,89	0,85	0,81

Anexo L. Factor de esfuerzos estáticos para rodamientos

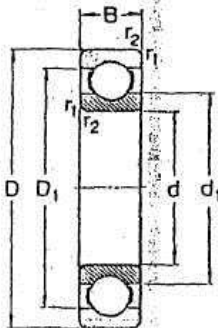
$F_s = 1,5 - 2,5$	<i>para exigencias elevadas</i>
$F_s = 1,0 - 1,5$	<i>para exigencias normales</i>
$F_s = 0,7 - 1,0$	<i>para exigencias reducidas</i>

Anexo M. Características de rodamientos rígidos de bolas

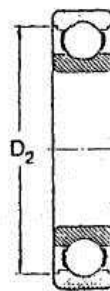
Tabla 2/ Rodamientos de bolas - valores C/P para diferentes duraciones L_{10h} , expresadas en horas de funcionamiento, a diferentes velocidades n (r/min)

L_{10h}	C/P cuando $n =$													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100	-	-	-	-	-	-	-	-	1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500	-	-	-	1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1 000	-	-	1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1 250	-	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1 600	-	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2 000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2 500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3 200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4 000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5 000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6 300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8 000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10 000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12 500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81
16 000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20 000	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25 000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32 000	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40 000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
50 000	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63 000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80 000	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100 000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200 000	4,93	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6

Rodamientos rígidos de bolas
d 17-40 mm

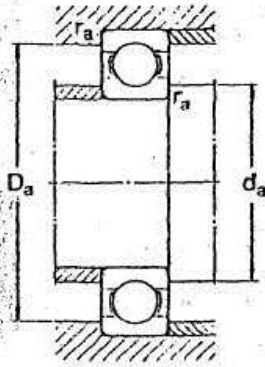


Reborde sin ranuras



Reborde con ranuras

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Limite de velocidad		Masa	Designación
d	D	B	dinám. C	estát. Co	grasa	aceite	kg	SKI
interno	externo	ancho						
mm			N		r/min			
17	26	5	1 660	930	24 000	30 000	0,0082	61803
	35	8	6 050	2 800	19 000	24 000	0,032	16003
	35	10	6 050	2 800	19 000	24 000	0,039	6003
	40	12	9 560	4 500	17 000	20 000	0,065	6203
	47	14	13 500	6 550	16 000	19 000	0,12	6303
	62	17	22 900	11 800	12 000	15 000	0,27	6403
20	32	7	2 650	1 400	19 000	24 000	0,018	61804
	42	8	7 020	3 400	17 000	20 000	0,050	16004
	42	12	9 360	4 500	17 000	20 000	0,069	6004
	47	14	12 700	6 200	15 000	18 000	0,11	6204
	52	15	15 900	7 800	13 000	16 000	0,14	6304
	72	19	30 700	16 600	10 000	13 000	0,40	6404
25	37	7	3 120	1 960	17 000	20 000	0,022	61805
	47	8	7 610	4 000	14 000	17 000	0,060	16005
	47	12	11 200	5 600	15 000	18 000	0,080	6005
	52	15	14 000	6 950	12 000	15 000	0,13	6205
	62	17	22 500	11 400	11 000	14 000	0,23	6305
	80	21	35 800	19 600	9 000	11 000	0,53	6405
30	42	7	3 120	2 080	15 000	18 000	0,026	61806
	55	9	11 200	5 850	12 000	15 000	0,085	16006
	55	13	13 300	6 800	12 000	15 000	0,12	6006
	62	16	19 500	10 000	10 000	13 000	0,20	6206
	72	19	28 100	14 600	9 000	11 000	0,35	6306
	90	23	43 600	24 000	8 500	10 000	0,74	6406
35	47	7	4 030	3 000	13 000	16 000	0,030	61807
	62	9	12 400	6 950	10 000	13 000	0,11	16007
	62	14	15 900	8 500	10 000	13 000	0,16	6007
	72	17	25 500	13 700	9 000	11 000	0,29	6207
	80	21	33 200	18 000	8 500	10 000	0,46	6307
	100	25	55 300	31 000	7 000	8 500	0,95	6407
40	52	7	4 160	3 350	11 000	14 000	0,034	61808
	68	9	13 300	7 800	9 500	12 000	0,13	16008
	68	15	16 800	9 300	9 500	12 000	0,19	6008
	80	18	30 700	16 600	8 500	10 000	0,37	6208
	90	23	41 000	22 400	7 500	9 000	0,63	6308
	110	27	63 700	36 500	6 700	8 000	1,25	6408



Otras dimensiones.					Dimensiones de resaltes		
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} mín	d _a mín	D _a máx	r _a máx
mm					mm		
17	20,2	23,2	-	0,3	19	24	0,3
	22,8	29,5	-	0,3	19	33	0,3
	22,8	29,5	31,2	0,3	19	33	0,3
	24,2	32,9	35	0,6	21	36	0,6
	26,5	37,6	39,6	1	22	42	1
	32,4	47,4	-	1,1	23,5	55,5	1
20	24	28,3	-	0,3	22	30	0,3
	27,2	34,6	-	0,3	22	40	0,3
	27,2	35,1	37,2	0,6	24	38	0,6
	28,5	38,7	40,6	1	25	42	1
	30,3	42,1	44,8	1,1	26,5	45,5	1
	37,1	55,6	-	1,1	26,5	65,5	1
25	29	33	-	0,3	27	35	0,3
	33,3	40,7	-	0,3	27	45	0,3
	32	40,3	42,2	0,6	29	43	0,6
	34	44,2	46,3	1	30	47	1
	36,8	50,9	52,7	1,1	31,5	55,5	1
	45,4	63,8	-	1,5	33	72	1,5
30	33,8	38,2	-	0,3	32	40	0,3
	38	47,3	-	0,3	32	53	0,3
	38,2	47,1	49	1	35	50	1
	40,3	52,1	54,1	1	35	57	1
	44,6	59,9	61,9	1,1	36,5	65,5	1
	50,3	70,7	-	1,5	38	82	1,5
35	38,8	43,2	-	0,3	37	45	0,3
	44	53,3	-	0,3	37	60	0,3
	43,7	53,6	55,7	1	40	57	1
	46,9	60,6	62,7	1,1	41,5	65,5	1
	49,5	66,1	69,2	1,5	43	72	1,5
	57,4	80,6	-	1,5	43	92	1,5
40	43,8	48,2	-	0,3	42	50	0,3
	49,4	57	-	0,3	42	66	0,3
	49,2	59,1	61,1	1	45	63	1
	52,6	67,9	69,8	1,1	46,5	73,5	1
	56,1	74,7	77,7	1,5	48	82	1,5
	62,8	88	-	2	49	101	2

Anexo N. Factor de corrección del ángulo de contacto k_1 para transmisiones de bandas planas W y en V.

$\frac{D-d}{C}$	θ , grados	VV	K_1 Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

Anexo O. Factor de corrección de longitud de banda k_2

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

*Multiplique la potencia nominal de la banda por este factor para conseguir la potencia corregida.

Anexo P. Potencias nominales de bandas en V estándar.

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
7.0 y mayor	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90	
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 y mayor	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
17.0 y mayor	8.01	13.9	18.1	20.6	20.7	
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
	28.0 y mayor	13.4	23.7	31.8	37.1	39.1

Anexo Q. Factores de servicio sugeridos k_s para transmisiones de bandas en V.

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

Anexo R. Algunos parámetros de bandas en V.

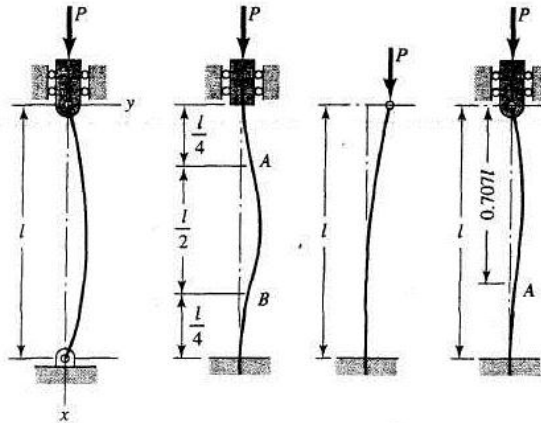
Sección de la banda	K_b	K_c
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1 098	1.217
8V	4 830	3.288

*Datos cortesía de Gates Rubber Co., Denver, Colo.

Anexo S. Parámetros de durabilidad para algunas secciones de bandas en V.

Sección de la banda	10 ⁸ a 10 ⁹ picos de fuerza		10 ⁹ a 10 ¹⁰ picos de fuerza		Diámetro mínimo de polea, pulg
	K	b	K	b	
A	674	11.089			3.0
B	1 193	10.926			5.0
C	2 038	11.173			8.5
D	4 208	11.105			13.0
E	6 061	11.100			21.6
3V	728	12.464	1 062	10.153	2.65
5V	1 654	12.593	2 394	10.283	7.1
8V	3 638	12.629	5 253	10.319	12.5

Anexo T. Constantes de condiciones finales de las columnas de Euler.



Condiciones de extremos de columnas	Constante C de condición de extremos		
	Valor teórico	Valor conservador	Valor recomendado*
Empotrado-libre	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Articulado-articulado	1	1	1
Empotrado-articulado	2	1	1.2
Empotrado-empotrado	4	1	1.2

*Para usarse sólo con factores de seguridad amplios cuando la carga de la columna se conozca con exactitud.

Anexo U. Propiedades del acero estructural, Tubo cuadrado



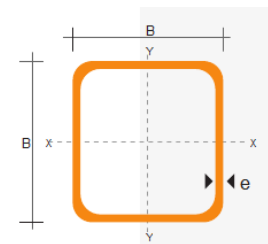
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

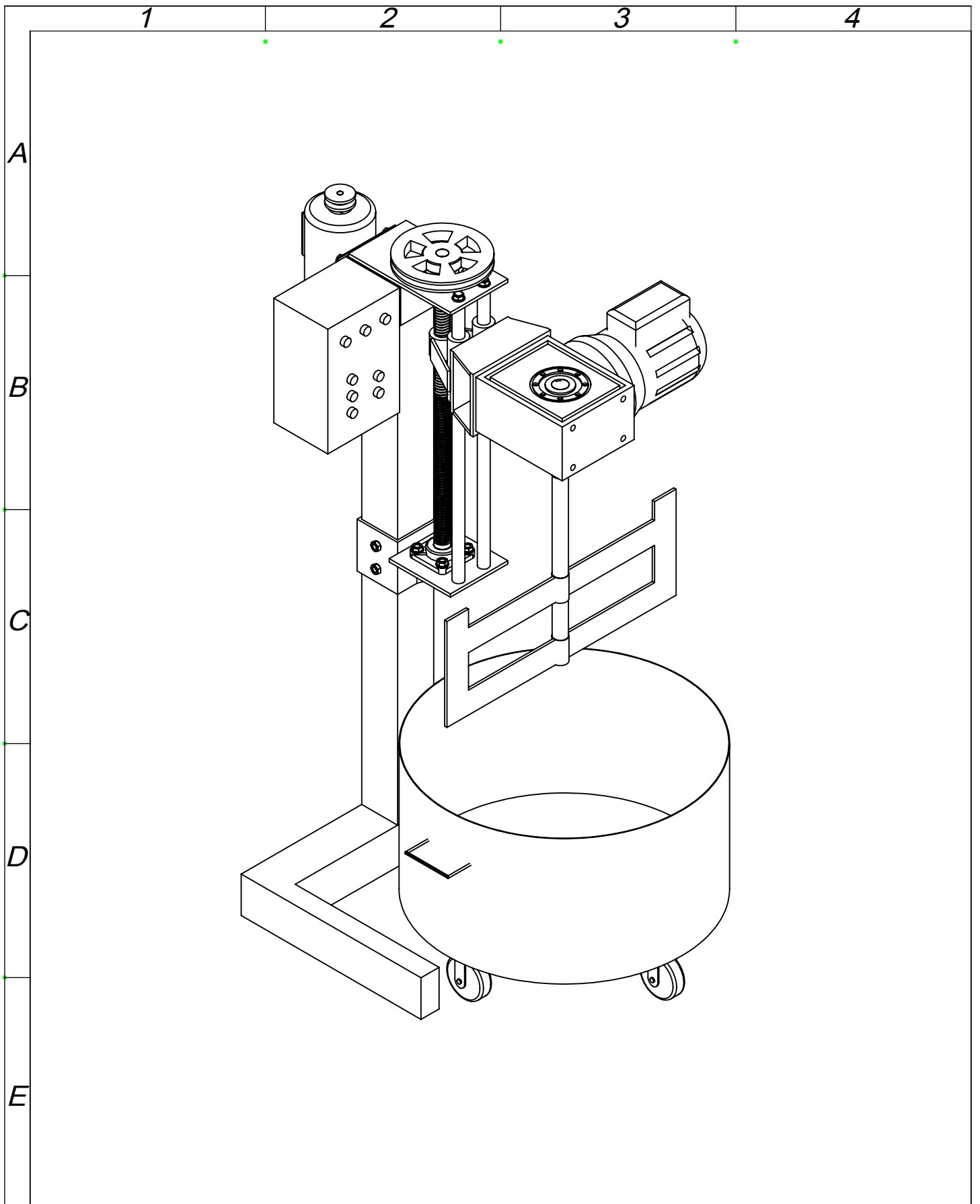
Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



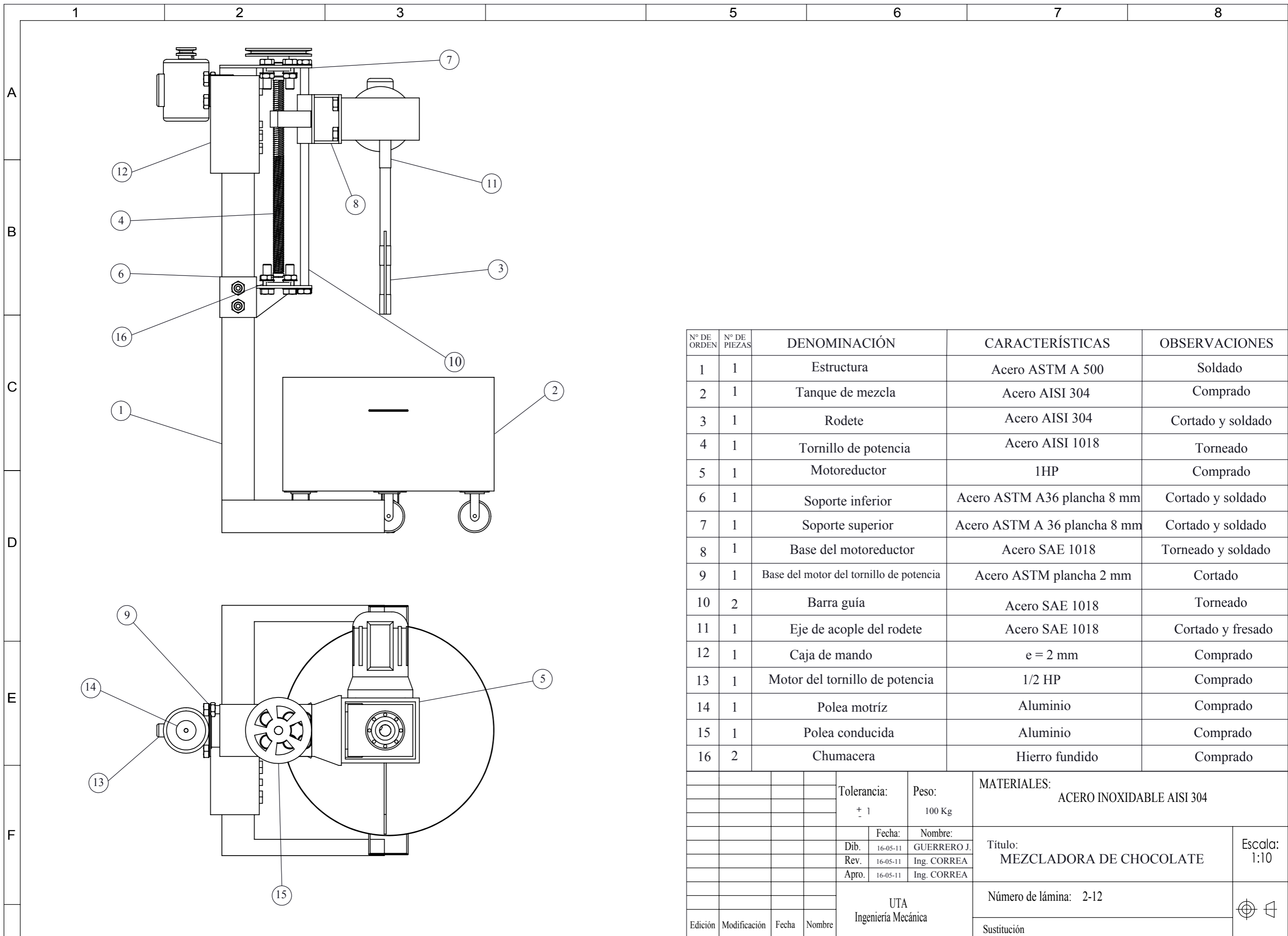
DIMENSIONES		AREA		EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	6.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



PLANOS

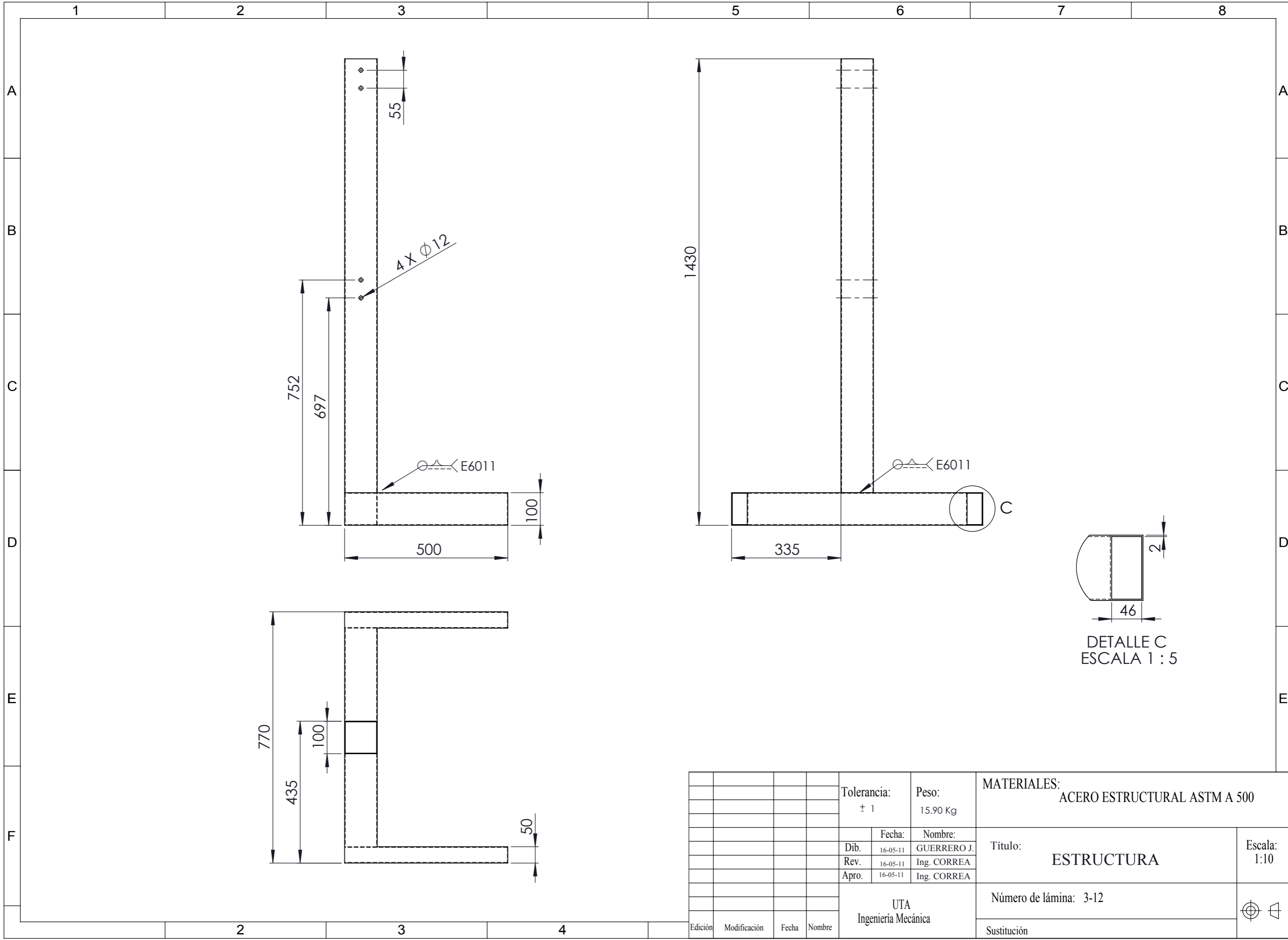


				Tolerancia: ± 1	Peso: 100 Kg	Material: ACERO INOXIDABLE AISI 304	
				Fecha:	Nombre:	MEZCLADORA DE CHOCOLATE	Escala: 1:10
				Dib. 16-05-11	GUERRERO J.		
				Rev. 16-05-11	Ing. CORREA		
				Apro. 16-05-11	Ing. CORREA		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 1-12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

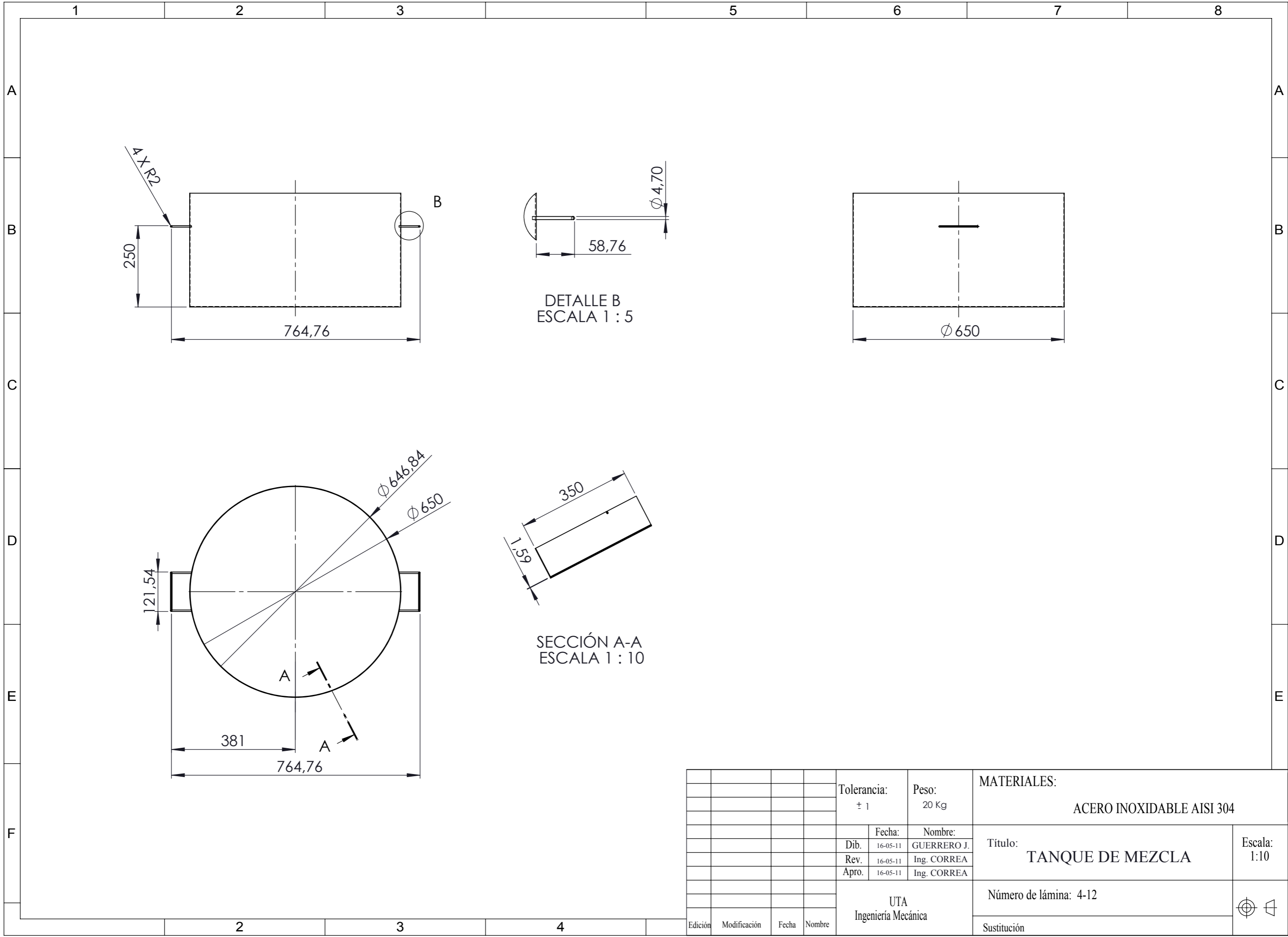


Nº DE ORDEN	Nº DE PIEZAS	DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIONES
1	1	Estructura	Acero ASTM A 500	Soldado
2	1	Tanque de mezcla	Acero AISI 304	Comprado
3	1	Rodete	Acero AISI 304	Cortado y soldado
4	1	Tornillo de potencia	Acero AISI 1018	Torneado
5	1	Motoreductor	1HP	Comprado
6	1	Soporte inferior	Acero ASTM A36 plancha 8 mm	Cortado y soldado
7	1	Soporte superior	Acero ASTM A 36 plancha 8 mm	Cortado y soldado
8	1	Base del motoreductor	Acero SAE 1018	Torneado y soldado
9	1	Base del motor del tornillo de potencia	Acero ASTM plancha 2 mm	Cortado
10	2	Barra guía	Acero SAE 1018	Torneado
11	1	Eje de acople del rodete	Acero SAE 1018	Cortado y fresado
12	1	Caja de mando	e = 2 mm	Comprado
13	1	Motor del tornillo de potencia	1/2 HP	Comprado
14	1	Polea motriz	Aluminio	Comprado
15	1	Polea conducida	Aluminio	Comprado
16	2	Chumacera	Hierro fundido	Comprado

				Tolerancia:	Peso:	MATERIALES:		
				± 1	100 Kg	ACERO INOXIDABLE AISI 304		
				Fecha:	Nombre:	Título: MEZCLADORA DE CHOCOLATE		
				Dib. 16-05-11	GUERRERO J.			
				Rev. 16-05-11	Ing. CORREA			
				Apro. 16-05-11	Ing. CORREA	Escala: 1:10		
				UTA Ingeniería Mecánica				
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución		



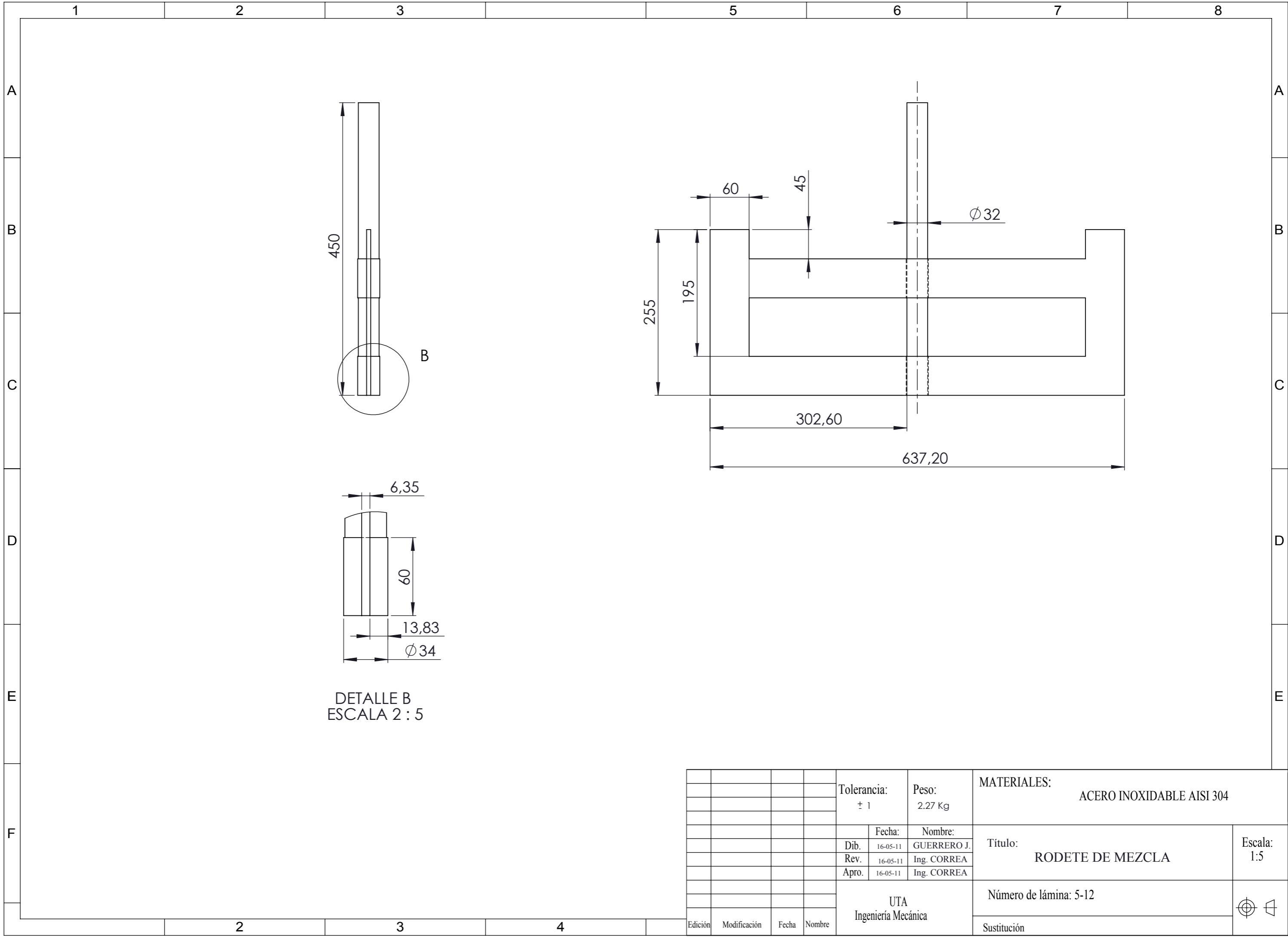
				Tolerancia: ± 1	Peso: 15.90 Kg	MATERIALES: ACERO ESTRUCTURAL ASTM A 500	
						Título: ESTRUCTURA	Escala: 1:10
				Dib. 16-05-11	Nombre: GUERRERO J.		
				Rev. 16-05-11	Ing. CORREA		
				Apro. 16-05-11	Ing. CORREA		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 3-12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



DETALLE B
ESCALA 1 : 5

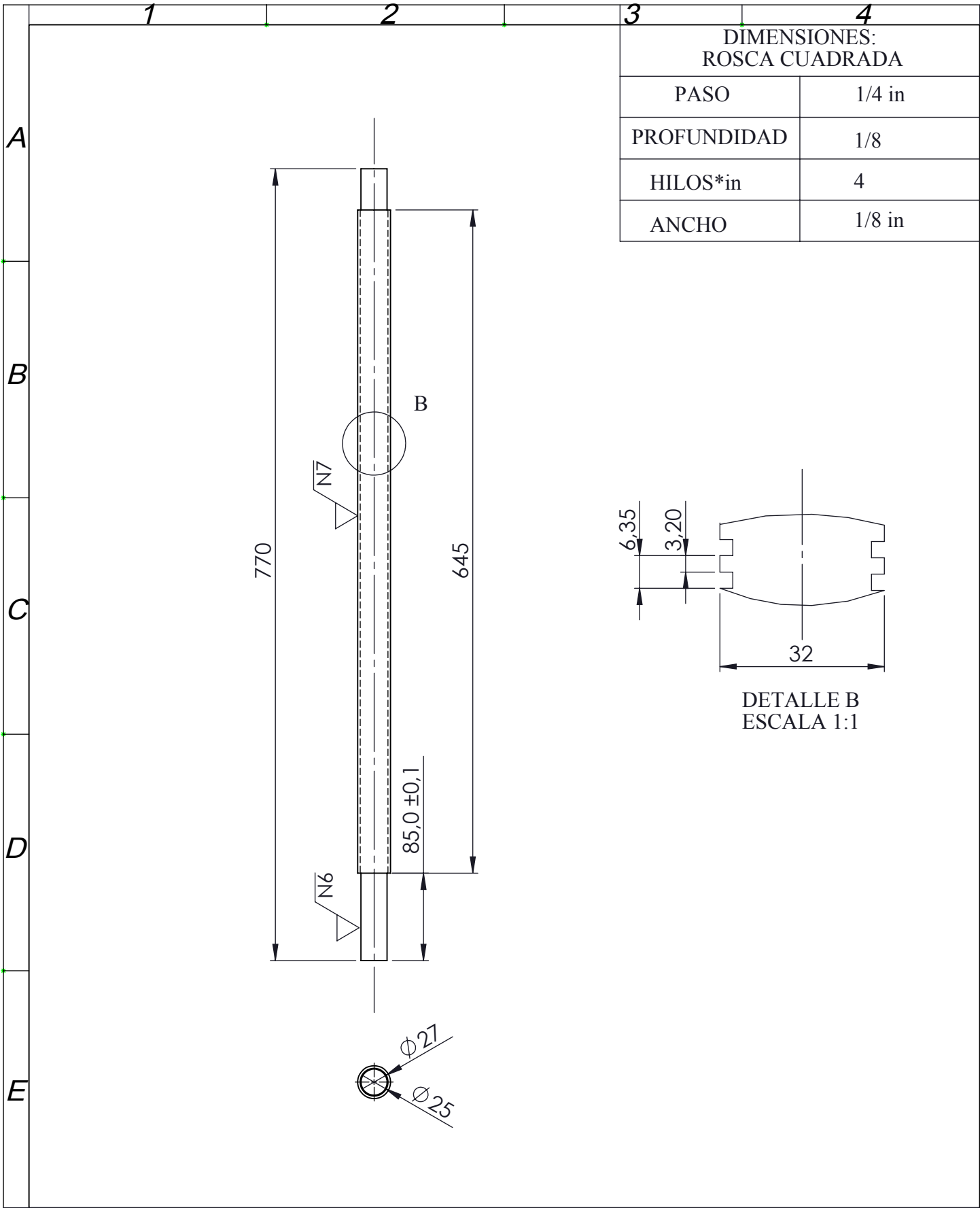
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 10

				Tolerancia: ± 1	Peso: 20 Kg	MATERIALES: ACERO INOXIDABLE AISI 304		
						Título: TANQUE DE MEZCLA	Escala: 1:10	
				Dib.	Fecha: 16-05-11			Nombre: GUERRERO J.
				Rev.	16-05-11			Ing. CORREA
				Apró.	16-05-11	Ing. CORREA		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 4-12		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución		

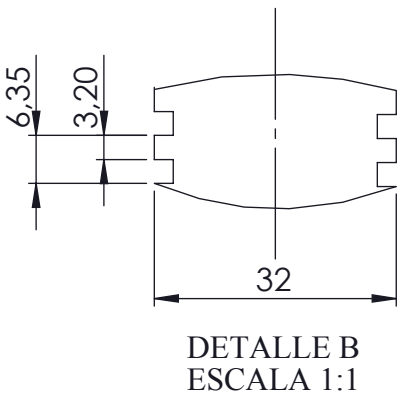


DETALLE B
ESCALA 2 : 5

				Tolerancia: ± 1	Peso: 2.27 Kg	MATERIALES: ACERO INOXIDABLE AISI 304	
					Fecha: 16-05-11	Nombre: GUERRERO J.	Título: RODETE DE MEZCLA
					Rev. 16-05-11	Ing. CORREA	
					Apro. 16-05-11	Ing. CORREA	
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 5-12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	Escala: 1:5

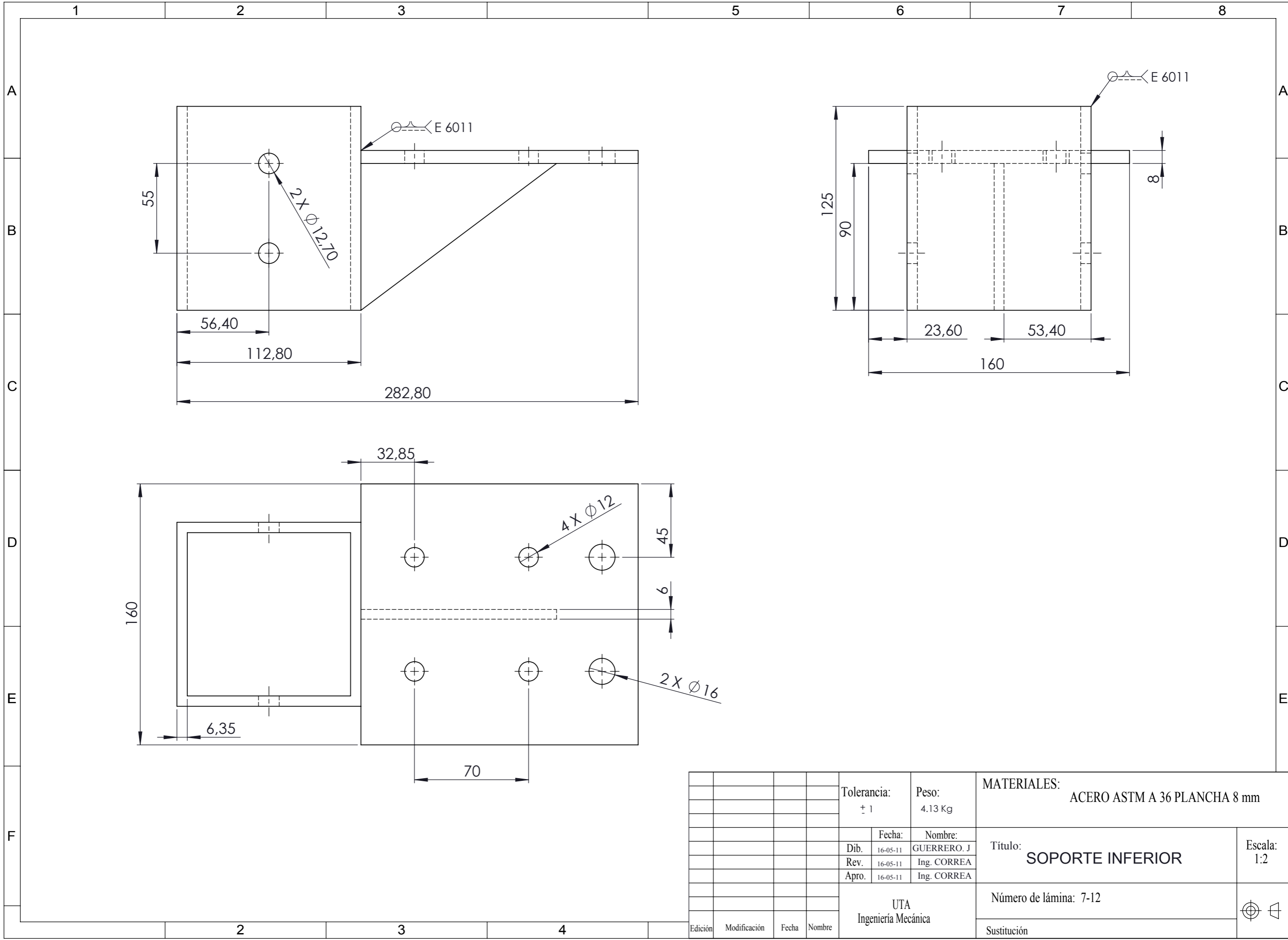


DIMENSIONES: ROSCA CUADRADA	
PASO	1/4 in
PROFUNDIDAD	1/8
HILOS*in	4
ANCHO	1/8 in

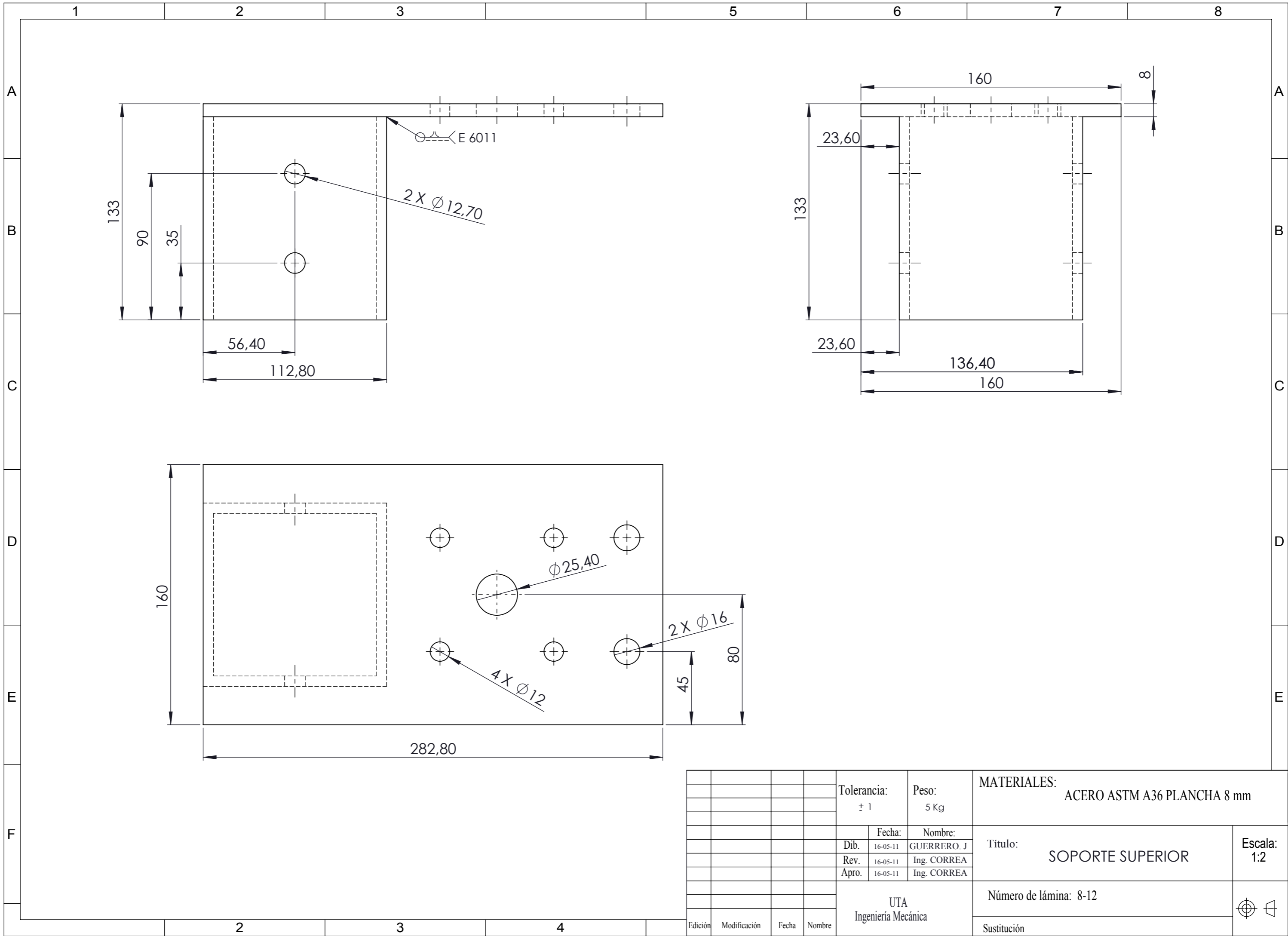


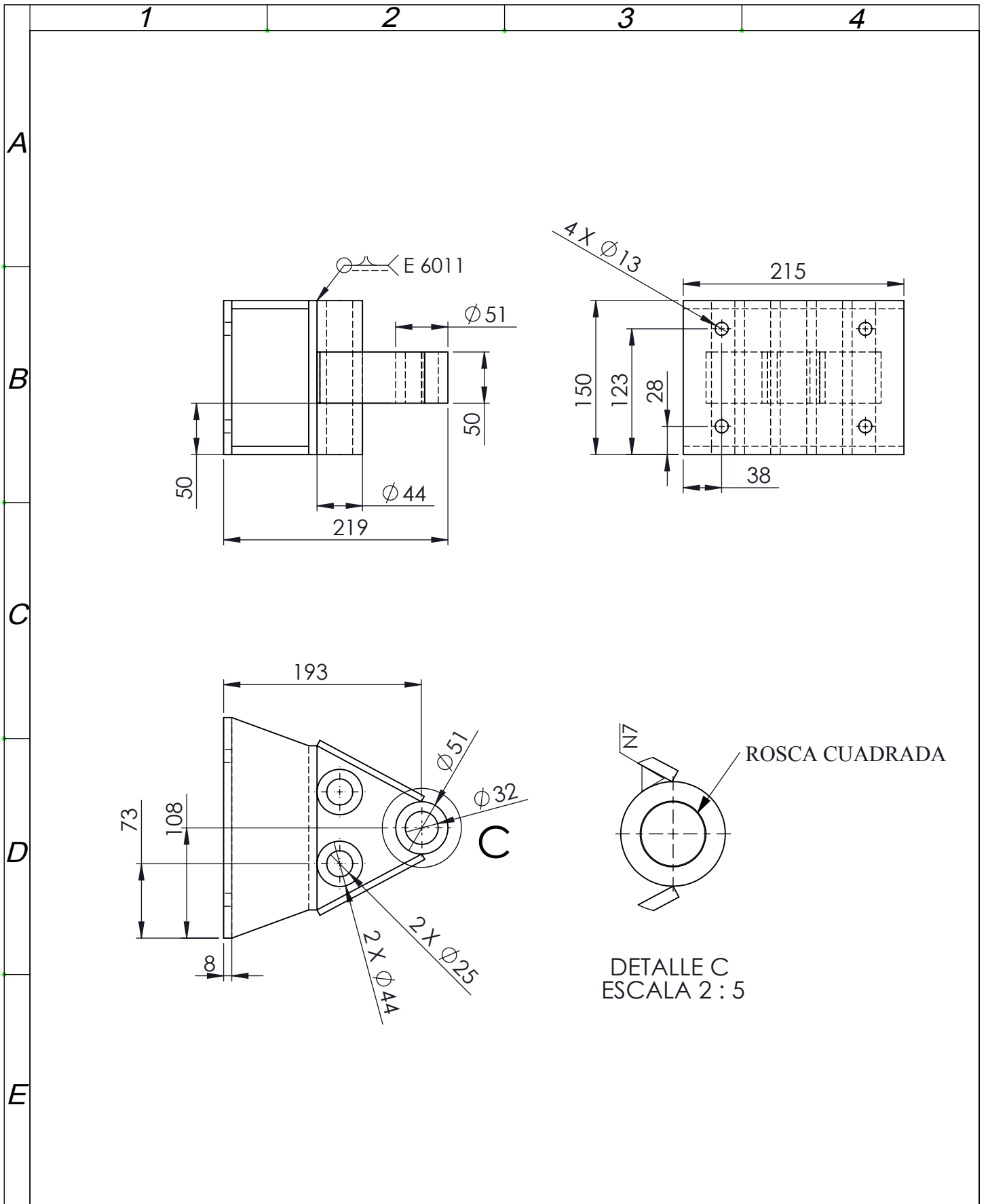
				Tolerancia: ± 1mm	Peso: 3.72 Kg	Material: ACERO SAE 1018	
					Fecha: 16-05-11	Nombre: GUERRERO J.	TORNILLO DE POTENCIA
					Rev. 16-05-11	Ing. CORREA	
					Apro. 16-05-11	Ing. CORREA	
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 6-12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	Escala: 1:5





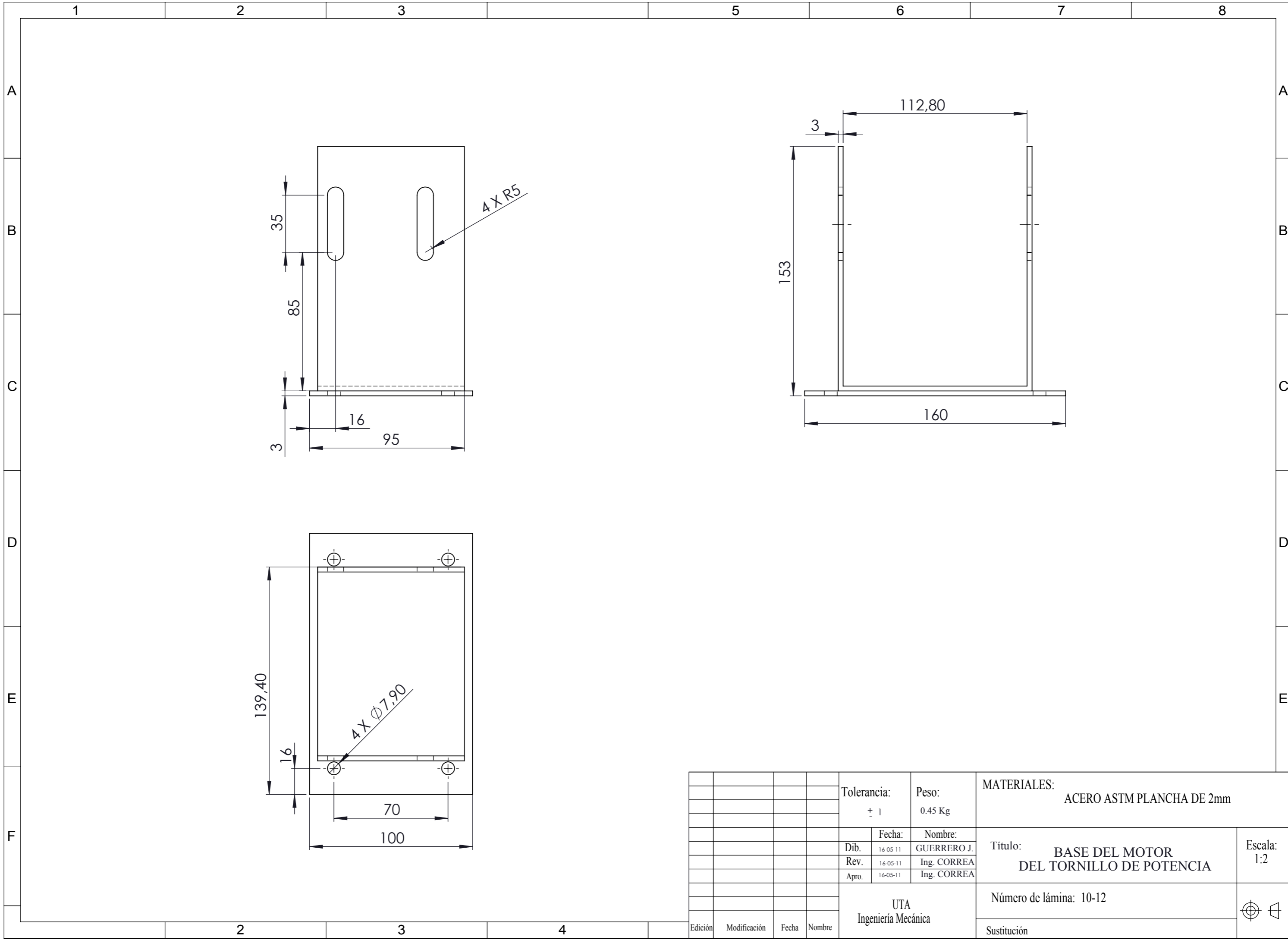
				Tolerancia: ± 1	Peso: 4.13 Kg	MATERIALES: ACERO ASTM A 36 PLANCHA 8 mm	
					Fecha: 16-05-11	Nombre: GUERRERO. J	Título: SOPORTE INFERIOR
					Rev. 16-05-11	Ing. CORREA	
					Apro. 16-05-11	Ing. CORREA	
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 7-12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	Escala: 1:2



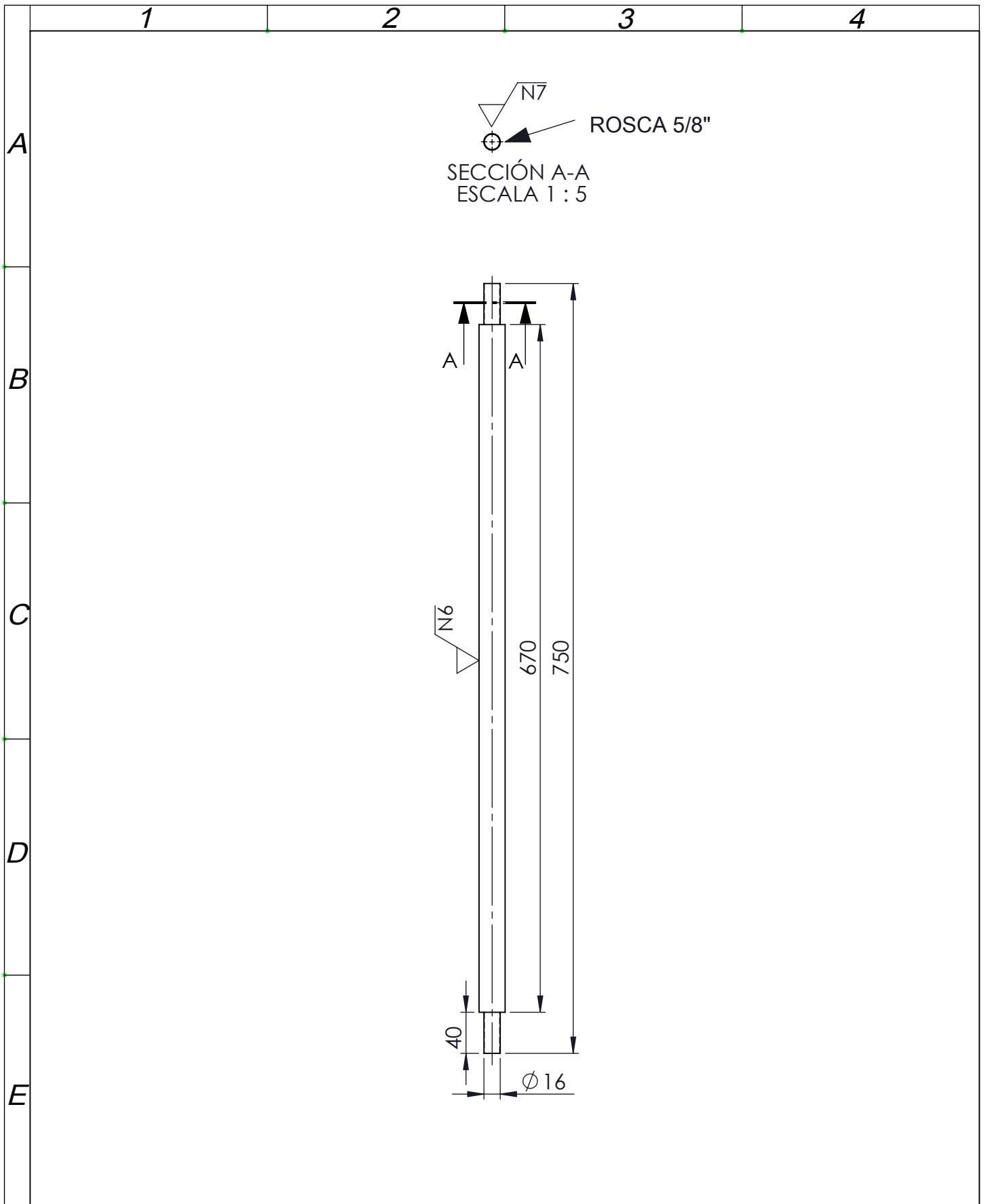


DETALLE C
ESCALA 2 : 5

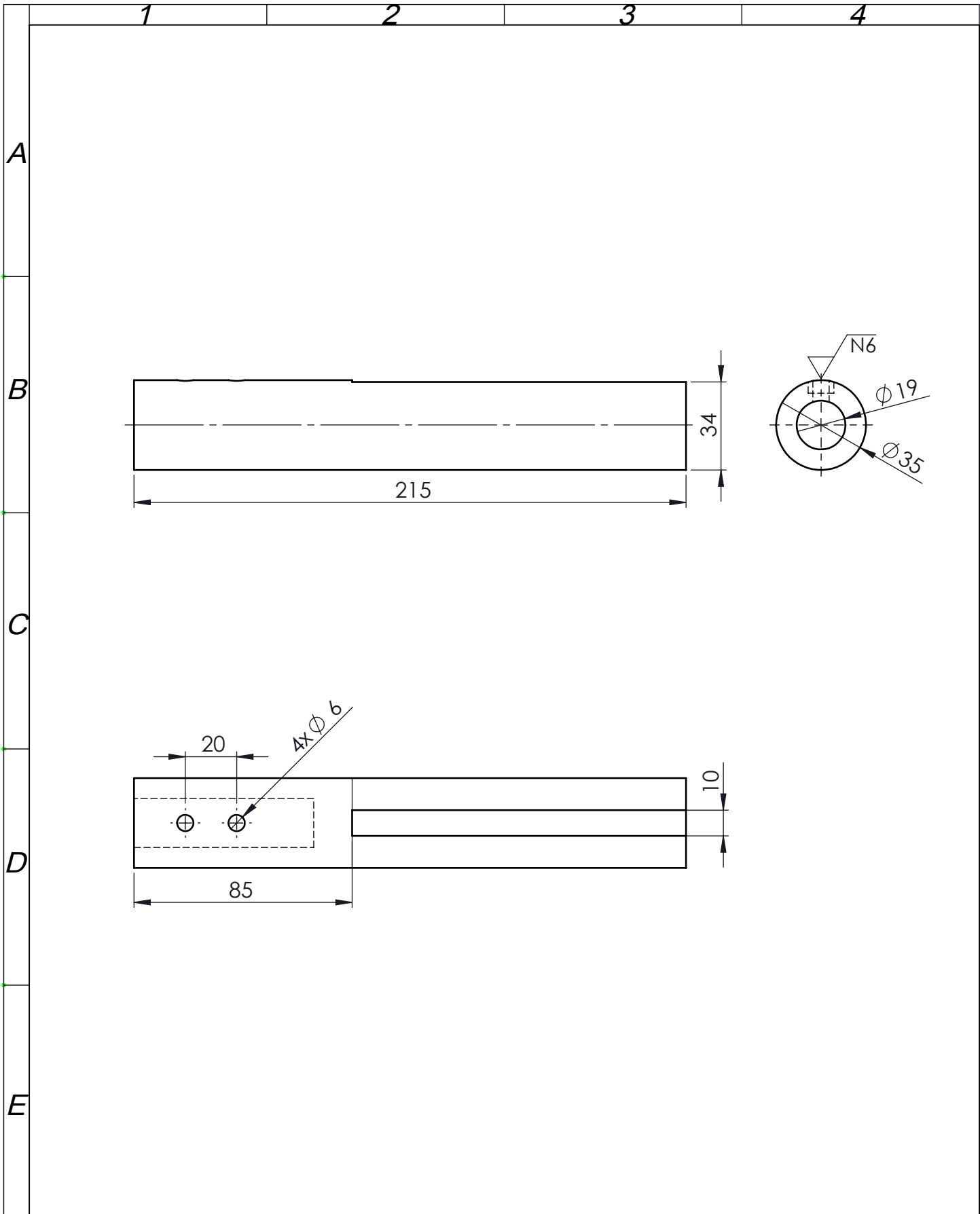
				Tolerancia: ± 1	Peso: 8,63 Kg	Material: EJE DE ACERO DE TRANSMISIÓN SAE 1018	
					Fecha:	Nombre:	
				Dib.	16-05-11	GUERRERO. J.	Escala: 1:5
				Rev.	16-05-11	Ing. CORREA	
				Apro.	16-05-11	Ing. CORREA	
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 9-12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



				Tolerancia:	Peso:	MATERIALES:			
				± 1	0.45 Kg	ACERO ASTM PLANCHA DE 2mm			
				Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:		
				Dib. 16-05-11	GUERRERO J.			BASE DEL MOTOR DEL TORNILLO DE POTENCIA	1:2
				Rev. 16-05-11	Ing. CORREA				
				Apro. 16-05-11	Ing. CORREA				
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 10-12			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución			



				Tolerancia: ± 1	Peso: 2.68 Kg	Material: EJE DE ACERO DE TRANSMISIÓN SAE 1018	
				Fecha:	Nombre:	BARRA GUÍA	Escala: 1:5
				Dib. 16-05-11	GUERRERO J.		
				Rev. 16-05-11	Ing. CORREA		
				Apro. 16-05-11	Ing. CORREA		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 11-12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



				Tolerancia: ± 1	Peso: 1.36 Kg	Material: EJE DE ACERO DE TRANSMISIÓN SAE 1018	
				Fecha:	Nombre:	EJE DE ACOPLÉ DEL RODETE	Escala: 1:2
			Dib.	16-05-11	GUERRERO J.		
			Rev.	16-05-11	Ing. CORREA		
			Apro.	16-05-11	Ing. CORREA		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número de lámina: 12-12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	