

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Diseño de un secador motorizado con varias etapas de precalentamiento, para el cultivo de cacao en el Recinto "Los Ángeles", provincia de los Ríos.”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Andrés Fernando Torres Torres

Cristhian Geovanny González Guevara

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios por este logro en nuestra vida.

A nuestros Padres y familiares que nos apoyaron a lo largo de esta etapa y que creyeron en nosotros y en nuestro potencial.

A los distinguidos profesores de la facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPOL por impartir sus conocimientos y guiarnos día a día hacia el camino del éxito.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

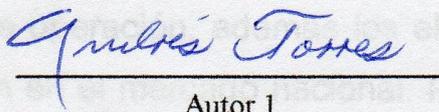
Autor 1: Andrés Fernando Torres Torres

Autor 2: Cristhian Geovanny González Guevara

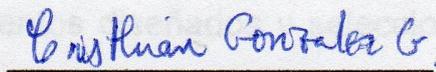
Director 1: Miguel Ángel Quilambaqui Jara

Director 2: Ernesto Rolando Martínez Lozano

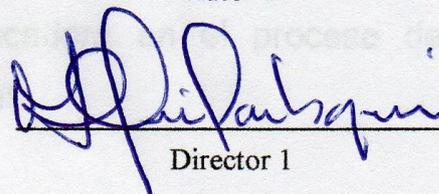
y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



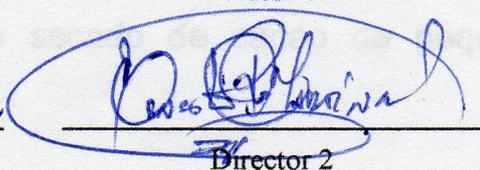
Autor 1



Autor 2



Director 1



Director 2

RESUMEN

En la actualidad, el secado de la semilla de cacao ha sido una parte importante en el proceso de obtención de un producto de calidad para la venta en el mercado, teniendo una desventaja para los pequeños productores, los cuáles se han sometido a precios relativamente bajos por partes de intermediarios o centros acopio que cuentan con sistemas de control de humedad en la compra del grano.

Por ello se realiza el presente proyecto que busca minimizar, el tiempo ocupado durante el secado de los granos de cacao, ahorrando espacio físico, disminuyendo la intervención humana posible y generando más ingresos para los pequeños agricultores en comparación a los escenarios con el secado de manera tradicional. Los resultados obtenidos fueron tratados analíticamente utilizando principios de secado y modelos matemáticos respectivos que eran afectados directamente por variables como lo es la temperatura, la humedad relativa y la eficiencia del proceso.

De acuerdo a las referencias el proceso de secado convencional puede llegar a durar hasta 7 días y cambiar el tiempo dependiendo de las condiciones climáticas del sector. Mediante el diseño de un secador motorizado con etapas de precalentamiento, se obtiene la extracción de agua favorable en el grano hasta obtener un producto de calidad con 7% de humedad, y en un tiempo aproximado de 11 horas.

El diseño del secador resultó eficiente, en una reducción del tiempo de secado como en el costo de operación, además los elementos diseñados y seleccionados son de fácil adquisición en el mercado nacional. Por lo que concluimos que es factible utilizar esta unidad secadora en el proceso de secado de cacao de pequeños y medianos productores.

Palabras Clave: Secado de cacao, Unidad secadora, Centros de acopio

ABSTRACT

At present, the dried one of cocoa has been an important part in the process of obtaining of a quality product, having a disadvantage for the small producers who have surrendered to relatively low prices on intermediaries' parts or centers I gather that they possess systems controlled for the process of dried.

By it there is realized the present project that it minimizes the time occupied during the dried one with the cocoa beans, saving physical space, diminishing the human possible intervention and generating more income for the small farmers in comparison to the scenes with the dried one of a traditional way. The obtained results were treated analytical using beginning of dried and mathematical respective models who were affected directly by variables like it is the temperature, the relative dampness and the efficiency of the process.

Since we know the process of dried conventional in occasions it manages to last up to 7 days and can change depending on the climatic conditions of the sector. By means of the dryer motorized with stages of warm-up there is obtained the extraction of favorable water to manage to have a quality product with 7 % of dampness in an approximate time of 11 hours.

The dryer I turn out to be efficient, so much in the reduction of the time of dried like in the cost of operation, for what it is feasible this unit uses tumble dryer for the process of dried of cocoa on the part of small and medium producers. In addition the designed and selected elements are of easy acquisition on the domestic market.

Keywords: *Dried of cocoa, Unit tumble dryer, Centers of collection*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPITULO 1.....	1
1. Introduccion.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.2.1 Objetivo General.....	1
1.2.2 Objetivo Específico.....	1
1.3. Marco teórico.....	2
1.3.1 Origen del cacao.....	2
1.3.1.1 Generalidades.....	2
1.3.2 Secado del cacao.....	4
1.3.2.1Ventajas del secado.....	5
1.3.3Economía mundial del cacao.....	5
1.3.4 Demanda del cacao en el Ecuador.....	7
CAPITULO 2.....	10
2. Metodología de diseño.....	10
2.1. Parámetros que intervienen en el diseño.....	10
2.2 Alternativas de diseño.....	12
2.2.1 Alternativas de diseño I.....	12
2.2.1.1 Partes del secador.....	12
2.2.1.2 Funcionamiento.....	12
2.2.2 Alternativas de diseño II.....	13
2.2.2.1 Partes del secador.....	13
2.2.2.2 Funcionamiento.....	13
2.2.3 Selección de la alternativa.....	14
2.3 Metodología de diseño.....	15
2.4 Dimensionamiento de la cámara de secado.....	17
2.5 Análisis termodinámico.....	17

2.5.1 Determinación del agua evaporada.....	17
2.5.2 Secador.....	17
2.5.3 Determinación del flujo de aire	21
2.5.4 Calentador.....	22
2.5.4.1 Selección del quemador	24
2.6 Sistema de ventilación	24
2.6.1 Análisis del fluido y de las partículas	24
2.6.2 Velocidad mínima de fluidización	26
2.6.3 Caída de presión a través de lechos porosos	27
2.6.4 Cálculo de potencia del motor del ventilador.....	30
2.6.5 Cálculo de la velocidad específica.....	30
2.6.6 Selección del ventilador	31
2.6.7 Diseño del elemento entre el ventilador y la cámara de secado.....	31
2.7 Velocidad de secado	35
2.7.1 Velocidad de secado en conducción	35
2.7.2 Velocidad de secado en convección	35
2.8 Curvas de secado	36
2.9 Tiempo de secado.....	37
2.9.1 Período constante de secado	37
2.9.2 Período de caída de secado.....	38
2.9.3 Cálculo de tiempo de secado	38
2.9.4 Curvas de secado experimentales	40
2.10 Cálculo de la potencia requerida y selección del motor	41
2.11 Selección del piñón	43
2.12 Cálculo y selección de cadena para transportación de carga	41
2.13 Dimensionamiento del eje.....	41
2.13.1 Cálculo de la potencia requerida y selección del motor	41
2.13.2 Cálculo de la potencia requerida y selección del motor	41
CAPITULO 3.....	52
3. Resultados.....	52
3.1 Análisis de resultados	52
3.2 Análisis de costo	54
3.2.1 Consumo energético.....	54
3.2.2 Consumo de combustible	55
3.2.3 Financiamiento.....	56
CAPITULO 4.....	57
4. Discusión y conclusiones	57

4.1 Conclusiones.....	57
4.2 Recomendaciones.....	58
BIBLIOGRAFIA.....	59
APENDICES	59

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
GLP	Gas Licuado de Petróleo
BEP	Best Efficiency Point
CFM	Cubic Feet per Minute
GPM	Galón por minuto
RPM	Revoluciones por minuto

SIMBOLOGÍA

Kg	Kilogramo
°C	Grados centigrados
m	Metro
W	Watt
A	Área
H	Hora
N	Newton
J	Joule
K	Kelvin
In	Pulgadas
ft	Pies
s	Segundo
min	Minuto
HP	Caballo de fuerza
P	Potencia
T	Torque
F	Fuerza
Fr	Fuerza de rozamiento
ω	Velocidad angular
Dh	Diámetrohidráulico
Dp	Diámetropromedio
SP	Presión estática
VP	Presión de velocidad

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fisiología de las semillas.....	3
Figura 2. Secado convencional del cacao.....	5
Figura 3. Principales países consumidores de cacao.....	6
Figura 4. Distribución de los productores de cacao a nivel mundial.....	7
Figura 5. Principales zonas cacaoteras del Ecuador.....	8
Figura 6. Distribución de los productores de cacao a nivel nacional.....	9
Figura 7. Alternativa de diseño I.....	12
Figura 8. Alternativa de diseño II.....	13
Figura 9. Proceso de evaporación.....	17
Figura 10. Termodinámica del secador.....	19
Figura 11. Proceso de calentamiento del aire.....	20
Figura 12. Proceso de secado.....	21
Figura 13. Termodinámica del calentador.....	23
Figura 14. Esfericidad en función de la porosidad.....	26
Figura 15. Esquema de la cámara de secado.....	30
Figura 16. Esquema del ángulo de inclinación del difusor.....	33
Figura 17. Valores de ganancia por expansión.....	34
Figura 18. Curva de secado.....	36
Figura 19. Curva de velocidad de secado.....	37
Figura 20. Tiempo total de secado Vs Velocidad de secado.....	41
Figura 21. Distribución de las fuerzas en el lecho.....	41
Figura 22. Piñones dentados 16 B.....	44
Figura 23. Diagrama de esfuerzo cortante.....	47
Figura 24. Diagrama de momento flexionante.....	50
Figura 25. Diagrama de fuerzas.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Elemento de las semillas de cacao.....	3
Tabla 2.Composición de las semillas de cacao.....	4
Tabla 3.Selección de la alternativa.....	14
Tabla 4.Valores del tiempo de secado a velocidad constante.....	39
Tabla 5.Valores del tiempo de secado en el período decreciente.....	40
Tabla 6.Tiempo total en el proceso de secado.....	40
Tabla 7.Tiempo del proceso de secado.....	52
Tabla 8.Potencia de los equipos del secador de granos.....	54
Tabla 9. Costo por hora de operación.....	54
Tabla 10.Costo aproximado de la construcción del equipo.....	56

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Dimensiones principales del secador de cacao.

PLANO 2 Partes principales del secador de cacao.

PLANO 3 Sistema de secado.

PLANO 4 Conjunto motriz.

PLANO 5 Cámara de secado.

PLANO 6 Difusor.

PLANO 7 Parte frontal del secador de cacao.

PLANO 8 Transportador.

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

Actualmente en el recinto Los Ángeles, perteneciente a la jurisdicción de la parroquia Patricia Pilar del cantón Buena Fe, provincia de los Ríos, existen pequeños productores de cacao, entre ellos familiares, que no tienen un proceso de secado para la obtención de un cacao de calidad, debido a que no cuentan con la maquinaria necesaria para esto. Como consecuencia agentes externos a la agricultura se benefician del trabajo de los pequeños agricultores al comprarle el cacao en estado húmedo y venderlo en estado seco.

El principal problema de este sector es que existe demora en los procesos de secado de cacao, por diversos factores ambientales, físicos y humanos, que no permiten que los agricultores puedan obtener un buen secado, lo que conlleva a una mala calidad y bajo precio que recibe por parte de los compradores.

Debido a la gran exigencia de los compradores e importadores de cacao y con el fin de mejorar las técnicas usadas en el proceso de secado de cacao en esta comunidad, hemos propuesto diseñar un sistema mecánico de secado para cacao, con el fin de ofrecer una alternativa económica y rápida a los productores, que les permita secar adecuadamente el cacao.

Este sistema contiene un excelente volteo que ayuda a la extracción del exceso del agua presente en el producto y a la vez minimiza la intervención humana.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Realizar el diseño de un secador mecánico con varias etapas de precalentamiento para cultivo de cacao, con el fin de optimizar los procesos de postcosecha.

1.2.2 Objetivo Específico

- Controlar y mejorar el sistema de secado del cacao, que realizan los productores ecuatorianos.
- Disminuir el tiempo en el proceso del secado del cacao.

- Obtener un producto de calidad y homogéneo en su secado, debido al continuo volteo en el proceso mecánico.
- Disminuir la mano de obra, innecesaria durante el proceso de secado del cacao.
- Aprovechar y reducir los espacios físicos con el secador mecánico del cacao en comparación con el área utilizada de manera convencional.

1.3. Marco teórico

1.3.1 Origen del cacao

1.3.1.1 Generalidades

Se cree que el árbol de cacao tuvo origen en la cuenca del Amazonas, donde se propagó hacia el este y hacia el norte de México. Los españoles extendieron su cultivo al Caribe e introdujeron el consumo de cacao en Europa (Anecacao, 2013).

En la Actualidad el cacao se cultiva principalmente en África occidental, Centro y Sudamérica, Asia y Oceanía. Casi el 55% de la producción mundial está a cargo en el continente Africano, siendo los principales países productores Ghana, Nigeria y Camerún. El 36% procede de América Central y del sur donde aparecen proveedores como Brasil y en una menor producción, el Ecuador. El resto se cultiva en Asia y Oceanía (Guachamin Velasquez, 2007, pág. 1).

1.3.1.2 Clasificación comercial e industrial del cacao

En el mercado el cacao se suele clasificar en dos categorías:

- **Cacao Ordinario.**- Los granos utilizados en la fabricación de manteca de cacao y en producto con gran cantidad de chocolate.
- **Cacao Fino o de aroma.**-En este grupo se encuentran los granos que dan características específicas de aroma o color en chocolates finos y revestimientos (Guachamin Velasquez, 2007, pág. 2).

1.3.1.3 Estructura del cacao

El cacao está constituido por cuatro elementos que son:

- Cotiledón.
- Cascara.
- Germen.
- Tegumento.

ELEMENTO	% EN UN GRANO CON 6.5% DE HUMEDAD
Cotiledón	87.1%
Cáscara	.12.0
Germen	0.9
Tegumento	-

Tabla 1.- Elemento de las semillas de cacao(Gavilanez L, 2001, pág. 22)

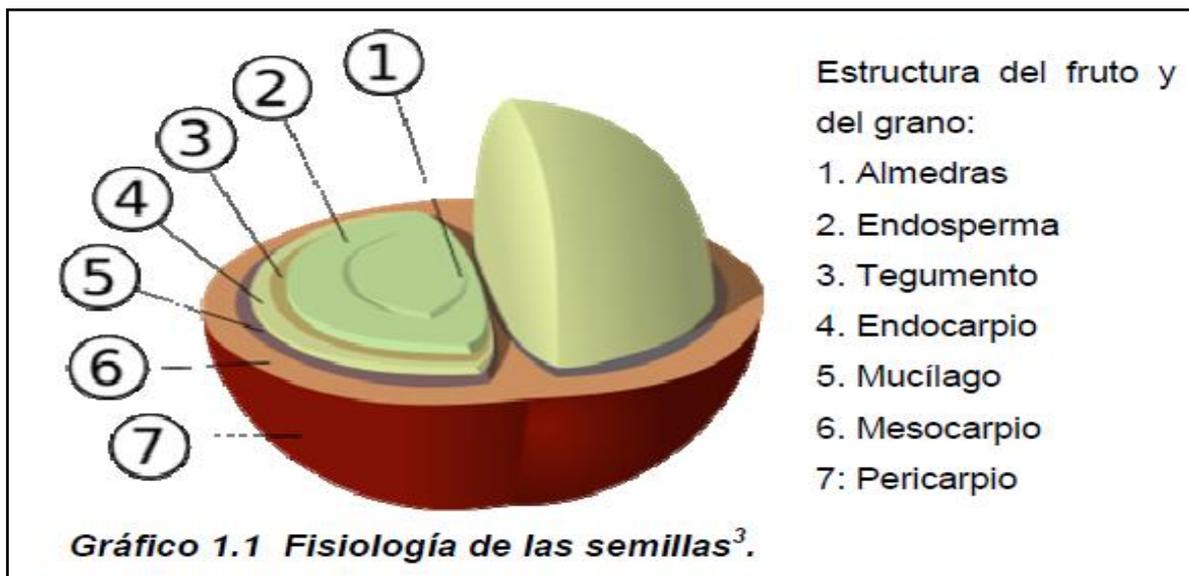


Figura 1.- Fisiología de las semillas
(Gavilanez L, 2001, pág. 22)

1.3.1.4 Composición del cacao

Los granos de cacao están constituidos por sustancias alimenticias básicas como grasas, hidratos de carbono y proteínas. En la siguiente figura se muestra la composición de los granos de cacao.

SUSTANCIA	% EN LA SEMILLA	% EN LA CASCARA
Agua	7.93	11.73
Proteína	14.19	13.95
Teobromina	1.43	0.73
Grasa	45.57	4.66
Algodón y sustancias extractiva	23.92	43.29
Celulosa	4.78	16.02
Ceniza	4.61	10.71

Tabla 2.- Composición de las semillas de cacao
(Gavilanez L, 2001, pág. 8)

1.3.2 Secado del cacao

Durante el secado predominan los procesos de oxidación o fermentación de la almendra y es donde se forman los precursores del aroma y sabor del chocolate. En esta fase el producto toma el color que sólo se da en la fase oxidativa de la fermentación, por lo que juega un papel importante en la disminución de la astringencia, amargor y acides del grano, así como en el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos lo que ocurre solamente si se realiza un buen proceso de secado (Gilces Vera & Sanmartin Fajardo, 2013, pág. 15).

Finalizado el proceso de fermentación los granos de cacao tienen un contenido de humedad entre el 55% y 60% aproximadamente. Para poder almacenar los granos de cacao deben tener de 7% a 8% de humedad. En el proceso de secado no es importante solo reducir la humedad que existe en las almendras fermentadas, sino garantizar que los cambios químicos que se venían dando en la almendra, continúen hasta detenerse por falta de humedad o la inactivación de las enzimas por otros medios.

Los métodos de secado pueden ser naturales o artificiales, dependiendo del método utilizado se encuentra la rapidez de secado. Esto dependerá de las condiciones atmosféricas para deshidratar óptimamente las almendras. Se sabrá que ha completado el secado del cacao cuando a la presión de los dedos índice y pulgar, se rompan los granos fácilmente (Poveda, 2006, pág. 16).

Para una buena calidad del grano existe en el Ecuador la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 176:2006



**Figura 2.- Secado convencional del cacao
(Manual del cultivo de cacao, 2004)**

1.3.2.1 Ventajas del secado

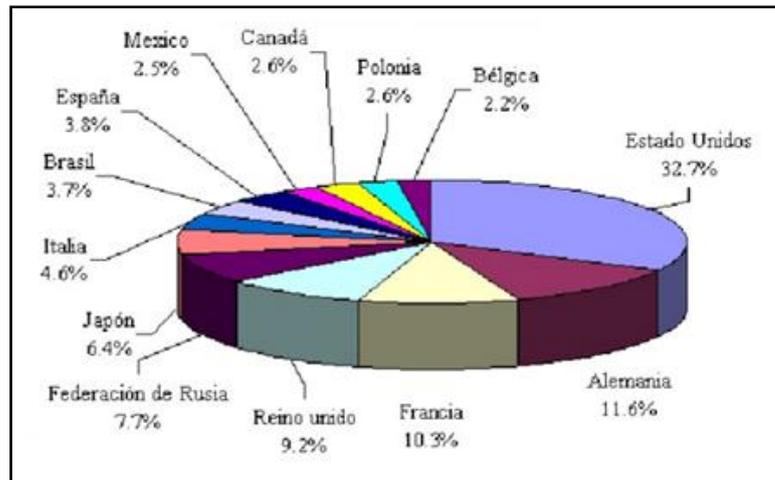
La ventaja principal de secado es:

- Mayor ingreso económico del agricultor por realizar un proceso postcosecha.
- Debido a la pérdida de humedad disminuye el peso a transportar.
- El tiempo de almacenamiento es mayor.

1.3.3 Economía mundial del cacao

A pesar de que el cacao se produce y se exportade varios países en vías de desarrollo, este es consumidoen su gran mayoría en los países del primer mundo, donde es transformado y vendido como chocolate y subproductos. Una de las realidades de este mercado, es que unas pocas compañías multinacionales dominan tanto la transformación como la producción de chocolate.

A nivel mundial, el consumo doméstico aparente de cacao, es estimado sumando las moliendas a las importaciones netas de productos de cacao y de chocolate en equivalente en grano(Avila, 2013, pág. 29).



**Figura 3.- Principales países consumidores de cacao
(UNCTAD - United Nations Conference on Trade and Development)**

En el mercado mundial de las materias primas, el cacao se ha situado en el tercer lugar después del azúcar y el café, esto obedece a la creciente demanda por el chocolate, que es uno de los derivados de mayor consumo en el mundo principalmente en los países europeos donde se ha registrado el mayor índice *per cápita* de consumo. En cuanto a la producción, ésta se la realiza principalmente en África del oeste y representa el 70% de la producción mundial. Los países productores son; Costa de Marfil, Ghana, Guinea Ecuatorial, Nigeria y Camerún.

En Asia y Oceanía, a pesar que Malasia e Indonesia fueron los últimos en entrar al grupo de los productores en la actualidad producen el 15% de la producción mundial. En el Caribe representa el 2% de la producción y entre los países productores tenemos: República Dominicana, Haití, Jamaica, Cuba, Granada, y Trinidad & Tobago. Sudamérica representa el 13% de la producción mundial(SODEPAU, 1993).

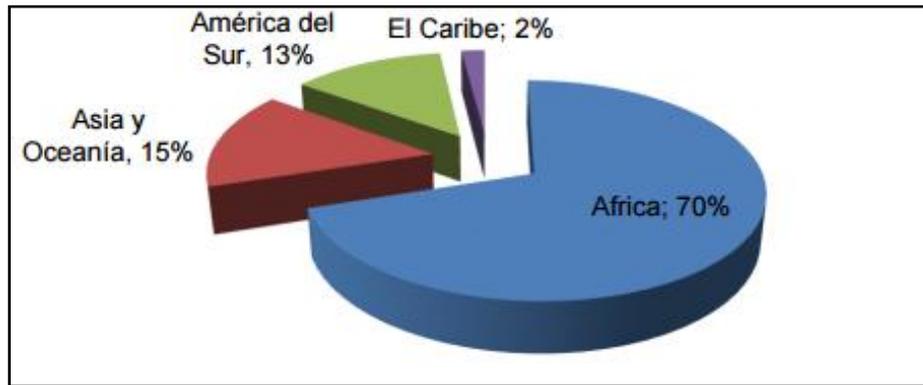


Figura 4.- Distribución de los productores de cacao a nivel mundial
(Gilces Vera & Sanmartin Fajardo, 2013, pág. 14)

1.3.4 Demanda del cacao en el Ecuador

El cacao en el país tiene en general un rendimiento de 4 a 6 quintales por hectárea al año por el predominio de plantaciones viejas y mal manejadas; sin embargo, usando un material adecuado y buen manejo va de 20 a 30 quintales o más de acuerdo al suelo, las condiciones de cultivo y material empleado.

La mayor demanda de cacao procede del exterior pues en lo nacional es poca su industrialización por el bajo consumo de la población ecuatoriana; la mayor elaboración de bombones, caramelos, chocolates, bebidas, se realiza preferentemente en los países europeos que aprecian el sabor y aroma de nuestro cacao (Guachamin Velasquez, 2007).

De acuerdo al manual del cultivo de cacao, publicado por el Instituto Nacional Agrónomo de Investigaciones Pecuarias, los cultivos se encuentran distribuidos en la gran mayoría en la Costa ecuatoriana. Se identifican cuatro zonas distintas de producción: norte, centro, sur y oriental. Dentro de estas existen áreas de las estribaciones de la cordillera Occidental(Asociación Nacional de Exportaciones de Cacao, 2006).

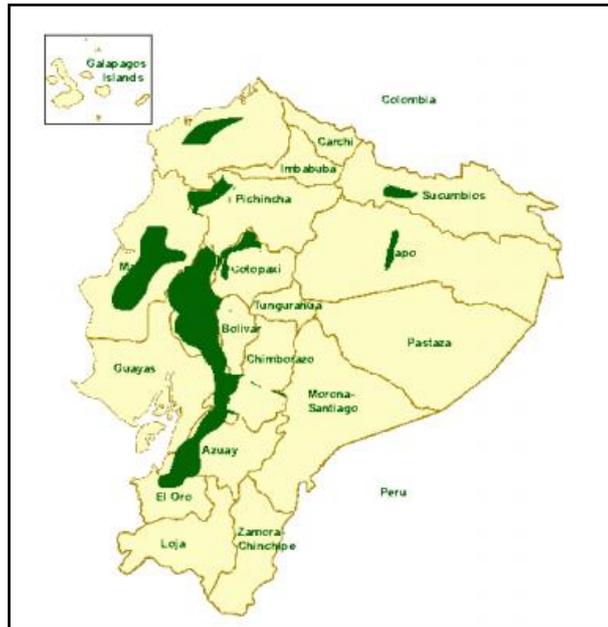


Figura 5.- Principales zonas cacaoteras del Ecuador
(Poveda, 2006, pág. 8)

- **Zona norte**

Comprende los cultivos existentes en las provincias de Esmeralda, Manabí, Pichincha y Cotopaxi, siendo estas 2 últimas partes de las estribaciones occidentales de la cordillera.

- **Zona central**

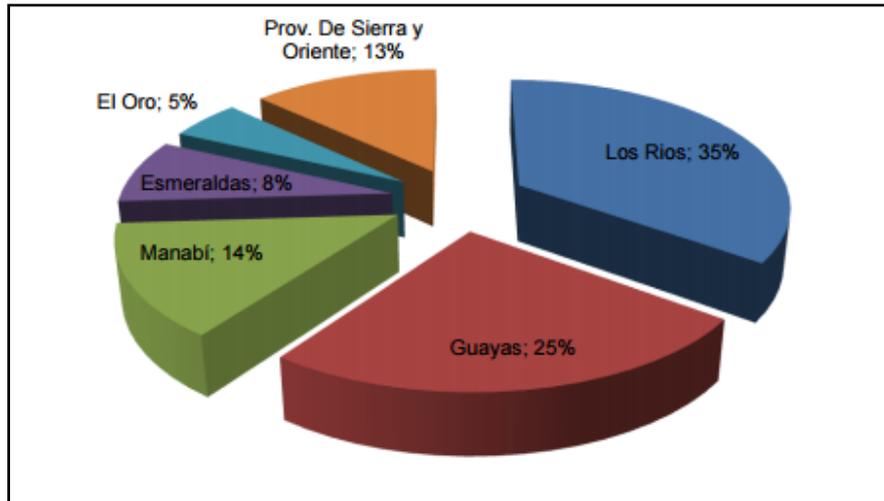
Abarca las provincias del Guayas, Los Ríos, una área significativa se localiza en la cordillera occidental de la provincia de Bolívar. La zona central es una suma importancia en el aspecto económico, ya que su producción representa el 60% del total producido en el Ecuador.

- **Zona sur**

Esta zona agrupa a la parte sur de la provincia del Guayas y a la provincia de El Oro, es considerada como una zona de alto potencial debido a sus condiciones climáticas, que aparentemente limitan el desarrollo de enfermedades del cacao.

- **Zona oriental**

Las áreas cacaoteras de la zona oriental se encuentran en las provincias de Sucumbios, Napo, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Orellana. La producción de cacao en esta zona es baja a pesar de que el cacao es originario de ella (Asociación Nacional de Exportaciones de Cacao, 2006).



**Figura 6.- Distribución de la producción de cacao a nivel nacional
(Gilces Vera & Sanmartin Fajardo, 2013, pág. 15)**

CAPITULO 2

2. METODOLOGIA DE DISEÑO

En este capítulo se establecerán conceptos de secadores continuos y secadores de lechos fijos, por lo tanto se expondrán las teorías de lechos porosos y se analizarán los parámetros que intervienen en el diseño de secadores. También se expondrán los cálculos necesarios para determinar el tiempo de secado requerido, el área de la cámara de secado, el quemador adecuado, y el ventilador ideal que se requiera todo esto se analizara a continuación.

2.1. Parámetros que intervienen en el diseño

Los parámetros a considerar en el proceso de secado de granos con flujo de aire forzado son los siguientes:

- Temperatura y humedad relativa del ambiente.
- Temperatura y flujo de aire de secado.
- Contenido de humedad inicial de los granos.
- Velocidad de los granos en el secador
- Tipo de grano.

Dependiendo de cada caso, la importancia de cada uno de estos parámetros es variable e interactúan entre si durante todo el proceso. Esto quiere decir que influyen en la tasa de secado y están envueltos a los siguientes factores:

- Equilibrio vapor-líquido.
- Transferencia de calor.
- Condiciones externas.
- Atmósfera de secado

2.1.1 Condiciones del aire ambiente

En ocasiones a la temperatura y a la humedad relativa del aire ambiente no les prestamos la mayor importancia en el proceso de secado, pero estos parámetros determinan la cantidad de energía que debemos utilizar para alcanzar la temperatura de secado ideal para el proceso.

Mientras la temperatura del ambiente disminuya, la energía necesaria para calentar dicho aire para el proceso incrementara. Estos parámetros dependen del lugar donde será colocado el proyecto en funcionamiento. Se ha escogido el

Recinto de los Ángeles, perteneciente a la jurisdicción de la parroquia Patricia Pilar del cantón Buena Fe, provincia de los Ríos, en los meses más calurosos que son desde diciembre hasta abril la temperatura varía desde 35,6°C a 28,1°C y en junio hasta 17,8°C y humedad relativa que varía entre 82% y 92%(Patricia Pilar GAD, 2014).

2.1.2 Temperatura de secado

La temperatura del aire de secado es uno de los parámetros más importantes en un sistema de secado porque influye de manera directa en la tasa, la eficiencia del secado y en la calidad del producto final. El aumento de dicha temperatura significa un menor consumo de energía y una mayor tasa de secado. En cambio, si la temperatura de secado es muy elevada puede causar daños muy significativos en la calidad de los granos.

2.1.3 Humedad inicial del producto

El contenido de humedad inicial es otro parámetro de importancia que influye en el proceso de secado. Cuanto más elevado es el contenido de humedad en el producto, mayor es la cantidad de agua que se debe evaporar. Con elevados contenidos de humedad, las fuerzas de adsorción de la estructura celular del material sobre las moléculas de agua, son menores que cuando el contenido de humedad del producto es más bajo. Esto quiere decir que se utiliza un mayor porcentaje de energía para evaporar la humedad contenida en los granos más secos.

2.1.4 Flujo del producto dentro del secador

La velocidad con la cual el producto está en el interior del secador, determina el flujo de masa o de tiempo de residencia del material. Esta velocidad influye en la tasa de secado, en la eficiencia y en la calidad del producto al final del proceso. Si el flujo de masa aumenta, el consumo de energía que se necesita para evaporar el agua presente en el producto aumentará, y por ende la eficiencia en el proceso de secado disminuirá debido a que los granos pasan con mayor velocidad, y con ello pierden menos humedad y el secado puede resultar ineficiente. El flujo del producto es de gran importancia durante el proceso de secado (Rivera, 2007, pág. 57).

2.2 Alternativas de diseño

2.2.1 Alternativas de diseño I

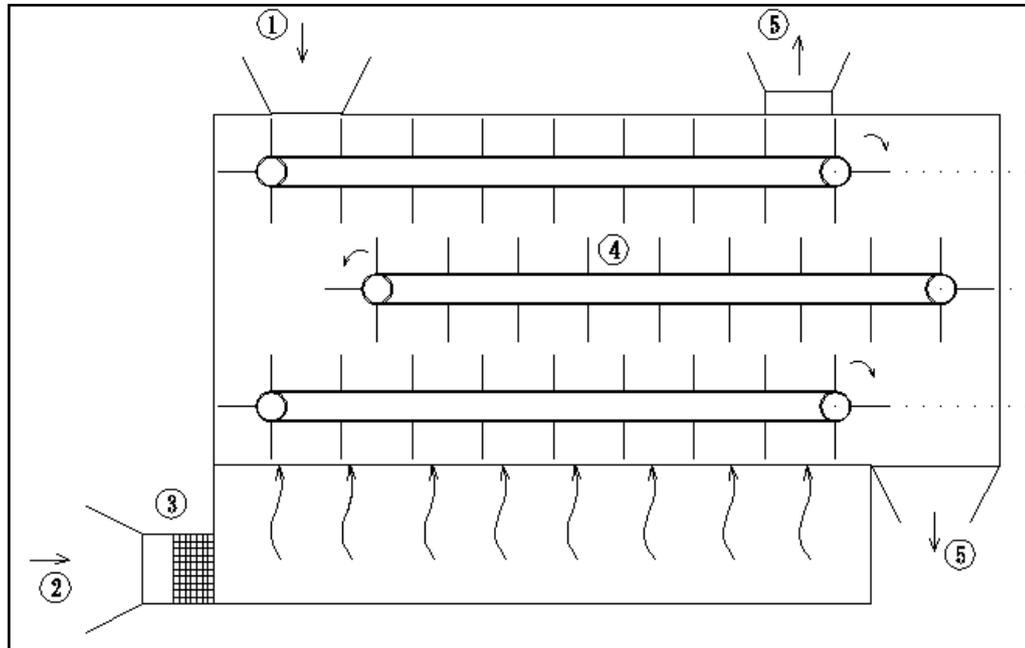


Figura7.- Alternativa de diseño I

(González, Torres, 2016)

2.2.1.1 Partes del secador

1. Entrada de producto.
2. Entrada de aire.
3. Intercambiador de calor.
4. Transportadores.
5. Salida del aire.
6. Salida del producto.

2.2.1.2 Funcionamiento

El aire del exterior es obligado a pasar por la parte inferior del sistema por medio de un intercambiador de calor, la cual es un quemador y un ventilador que contienen la temperatura adecuada para el proceso de secado. El producto es transportado según como muestra la figura hasta salir del sistema.

2.2.2 Alternativas de diseño II

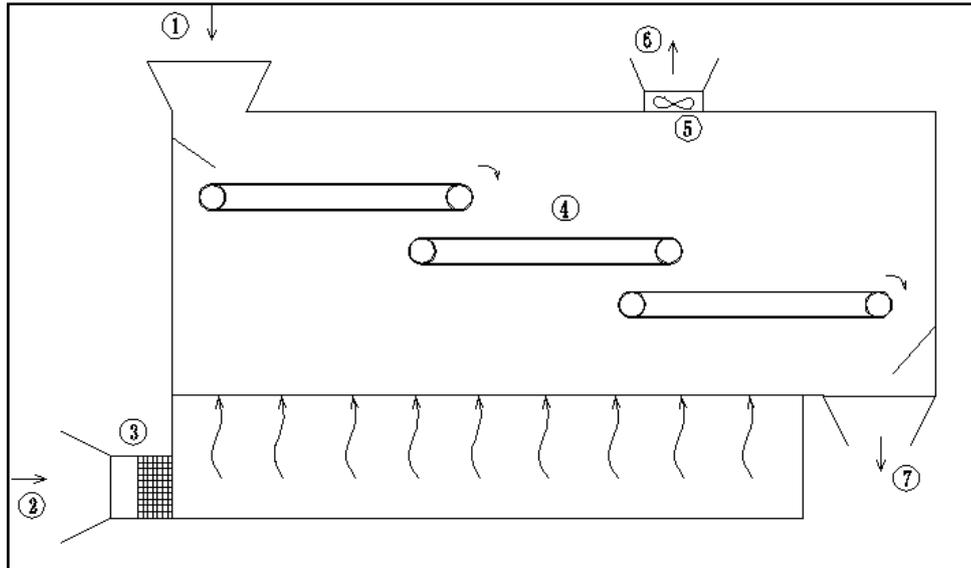


Figura8.- Alternativa de diseño II
(González, Torres, 2016)

2.2.2.1 Partes del secador

1. Entrada de producto.
2. Entrada de aire.
3. Intercambiador de calor.
4. Transportadores.
5. Ventilador.
6. Salida del aire.
7. Salida del producto.

2.2.2.2 Funcionamiento

De igual manera el aire seco del exterior es obligado a pasar por la parte inferior del sistema por medio de un intercambiador de calor, que contiene la temperatura adecuada para el proceso de secado. El producto es transportado según como muestra la figura hasta salir del sistema.

2.2.3 Selección de la alternativa

De acuerdo a las características de cada alternativa hemos procedido a escoger el diseño analizando las ventajas de cada dispositivo. Los parámetros considerados para la selección se muestran en la siguiente tabla.

Parámetros	Alternativa I	Alternativa II
Operación	3	2
Seguridad	2	2
Volteo	2	1
Mantenimiento	2	2
Espacio físico	2	1
Carga y descarga	3	2
TOTAL	14	10

**Tabla 3.- Selección de la alternativa
(González, Torres, 2016)**

PONDERACION

0= Malo

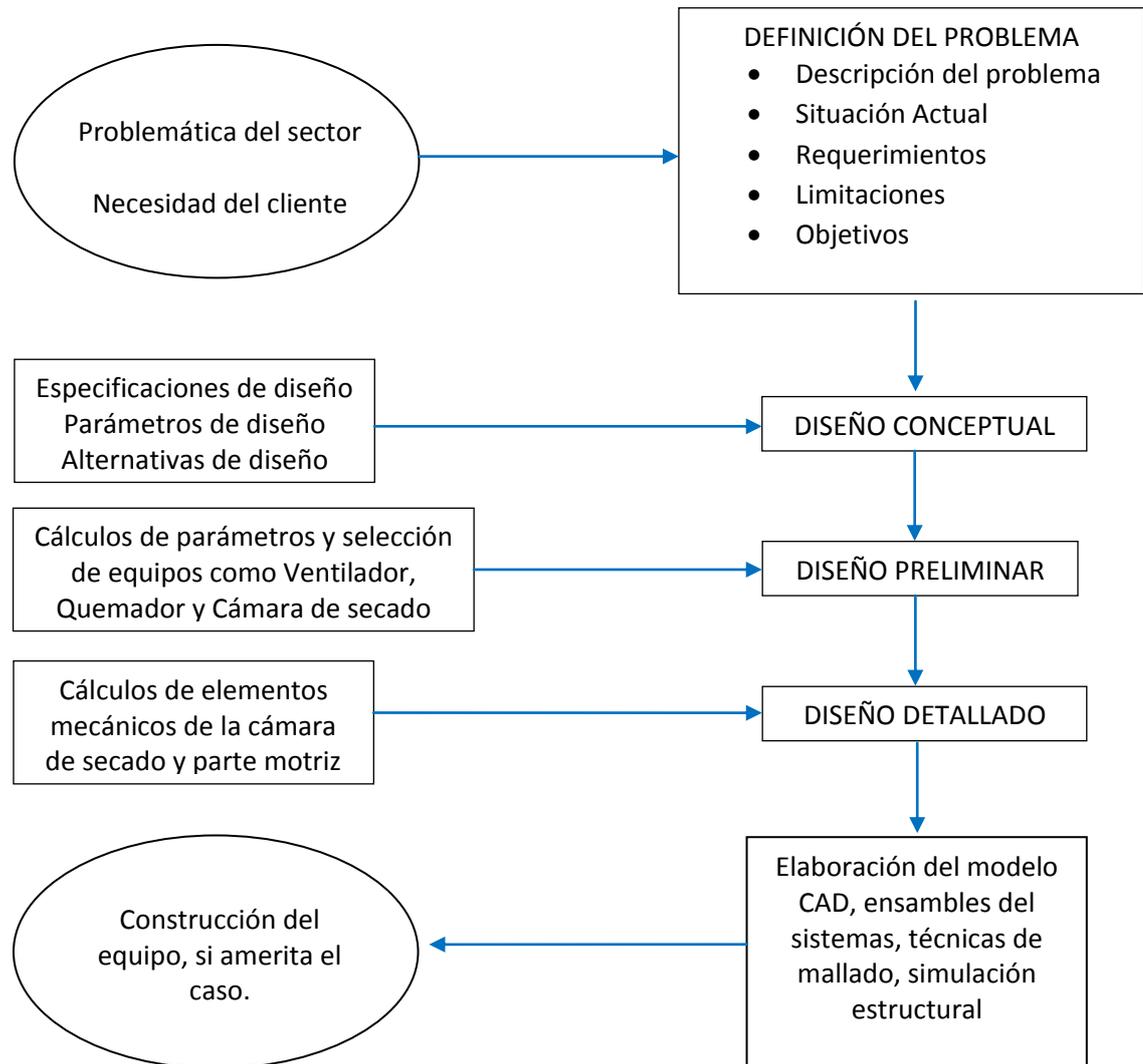
1= Regular

2=Bueno

3=Excelente

Según la matriz de decisión, con los parámetros definidos anteriormente se escogió la alternativa I como la más viable para el proyecto.

2.3 Metodología de diseño



2.4 Dimensionamiento de la cámara de secado

El volumen total ocupado por el sistema de deshidratación de agua para los granos de cacao lo sacaremos de acuerdo a la siguiente relación:

$$V = \frac{C}{\rho_c}$$

Donde:

V : Volumen total, [m³].

C : Capacidad total en la cámara de secado, [Kg].

ρ_c : Densidad del grano, [Kg/m³].

$$V = \frac{500}{900}$$

$$V = 0.55 \text{ m}^3$$

Las dimensiones necesarias para obtener el volumen total son:

$$V = a * b * c$$

Donde:

a : Largo del lecho, [m].

b : Ancho del lecho, [m].

c : Altura del lecho, [m].

Fijando el área del lecho podemos encontrar la altura necesaria de la siguiente manera:

$$V = a * b * c$$

$$c = \frac{V}{a * b}$$

$$c = \frac{0.55}{2 * 1}$$

$$c = 0.277 \text{ m}$$

Como tenemos 3 etapas para el proceso de secado la altura del lecho será:

$$C = \frac{c}{3}$$

$$C = \frac{0.277}{3}$$

$$C = 0.0925 \text{ m}$$

La altura del lecho de cacao en cada etapa de secado será aproximadamente de 9 cm.

2.5 Análisis termodinámico

Aquí se realizará y se explicará el balance de masa y energía que ocurre en el equipo (Durán, 2014).

2.5.1 Determinación del agua evaporada

En el proceso de secado el producto pierde humedad, pero la materia sólida se mantiene constantes como se muestra en la siguiente figura:

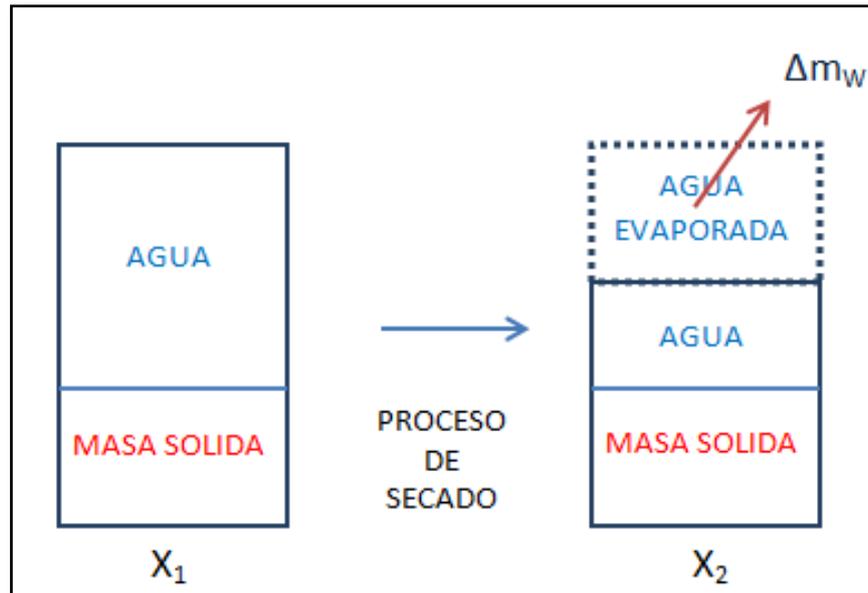


Figura 9.- Proceso de evaporación

(Durán, 2014, pág. 68)

Donde:

m_p : Masa de producto, [kg].

m_w : Masa de agua, [kg].

m_s : Masa sólida, [kg].

X_1 : Humedad inicial del producto, [fracción].

X_2 : Humedad final del producto, [fracción].

Entonces:

$$\dot{m}_p = \dot{m}_w + \dot{m}_s$$

$$\dot{m}_w = X \dot{m}_p$$

$$\dot{m}_s = \dot{m}_p (1 - X)$$

Con el dato inicial del producto húmedo a secar y su respectiva humedad tenemos lo siguiente:

$$\dot{m}_s = \dot{m}_p(1 - X)$$

A continuación denominaremos con el subíndice 1 a las condiciones a la entrada y con el subíndice 2 a las condiciones de salida. La cantidad de agua a evaporar $\Delta\dot{m}_w$ se determina de la siguiente manera:

$$\Delta\dot{m}_w = \dot{m}_{w1} - \dot{m}_{w2} = \dot{m}_{p1} - \dot{m}_{p2}$$

Por lo tanto el flujo másico de agua a evaporar del producto en función de las humedades inicial y final es:

$$\Delta\dot{m}_w = \frac{\dot{m}_s}{1 - X_1} - \frac{\dot{m}_s}{1 - X_2}$$

El dato \dot{m}_{p1} es definido por la capacidad de producto a secar en este caso tenemos masa del producto inicial $\dot{m}_{p1} = 62.5 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$ y con humedad inicial de 60% que corresponde al grano fermentado obtenemos la masa del solido de la siguiente forma:

$$\dot{m}_s = \dot{m}_p(1 - X)$$

$$\dot{m}_s = 62.5 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}(1 - 0.6) = 25 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Por lo tanto

$$\Delta\dot{m}_w = \frac{25 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1 - 0.6} - \frac{25 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1 - 0.07}$$

$$\Delta\dot{m}_w = 35.62 \frac{\text{kg de vapor}}{\text{h}}$$

2.5.2 Secador

Durante su paso por el secador o cámara de secado, el aire cede energía en forma de calor hacia los sólidos, que están a menor temperatura, para producir la evaporación de la humedad superficial. La masa de agua evaporada sale de las partículas debido a una diferencia de presiones parciales de vapor y es arrastrada por la corriente de aire, incrementando su humedad absoluta y relativa. Aquí el intercambio neto de energía es cero, ya que la misma energía que cede el aire para la evaporación es devuelta hacia él en forma de vapor de agua. Como resultado, se obtiene un proceso donde la entalpía de entrada del aire es igual a su entalpía de salida. Las pérdidas de calor hacia el entorno se suponen despreciables. Este proceso se lo ilustra en las siguientes figuras (Adum, 2014).

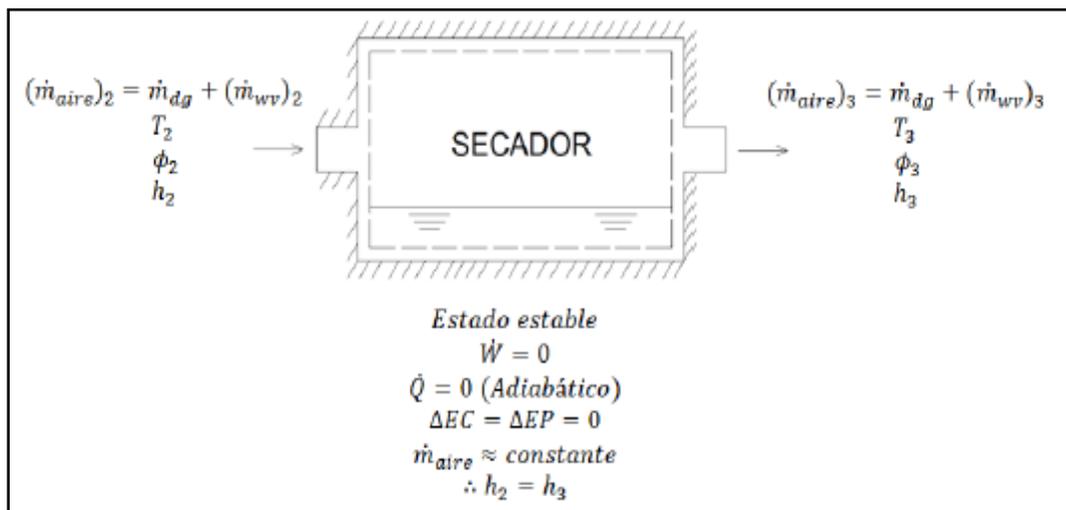


Figura 10.- Termodinámica del secador
(Durán, 2014, pág. 65)

Donde:

\dot{m}_{dg} = Flujo másico del aire sin agua, [kg/s]

\dot{m}_{wv} = Flujo másico de vapor de agua, [kg/s]

En las siguientes figuras se observa el comportamiento del aire en la carta psicrométrica, en el punto 1 tenemos las condiciones del ambiente los cuales se definieron por la zona geográficamente que son:

- Temperatura ambiente $T_1 = 25^\circ\text{C}$
- Humedad relativa $\phi_1 = 87\%$

Usando la carta psicrométrica y con los valores de T_1 , ϕ_1 procedemos a calcular la humedad absoluta del ambiente.

$$w_1 = 0.017 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{Kg aire seco}}$$

$$w_1 = w_2 = 0.017 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{Kg aire seco}}$$

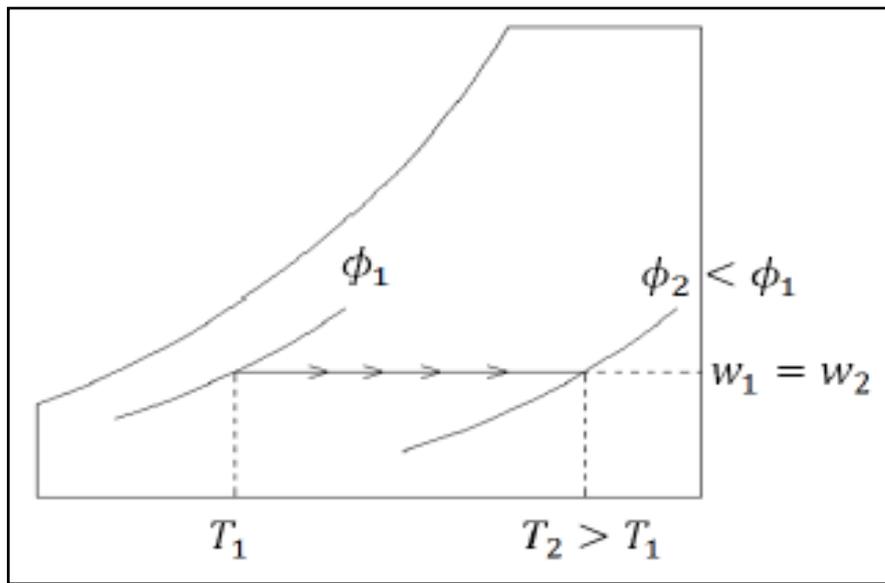


Figura 11.- Proceso de calentamiento del aire
(Durán, 2014, pág. 63)

T_2 es la temperatura de secado de los granos que para nuestro caso cacao es 60°C . Con T_2 y w_2 podemos establecer la humedad relativa a la salida del quemador y la entalpía del proceso.

$$\phi_2 = 14\%$$

$$h_2 = 108 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire seco}}$$

$$h_3 = h_2 = 108 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire seco}}$$

Asumimos una humedad relativa para lechos fijos del $\phi_3 = 100\%$.

Con los valores de h_3, ϕ_3 podemos encontrar w_3 y T_3 que son las propiedades del aire a la salida del secador.

$$w_3 = 0.0295 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{Kg aire seco}}$$

$$T_3 = 32^\circ\text{C}$$

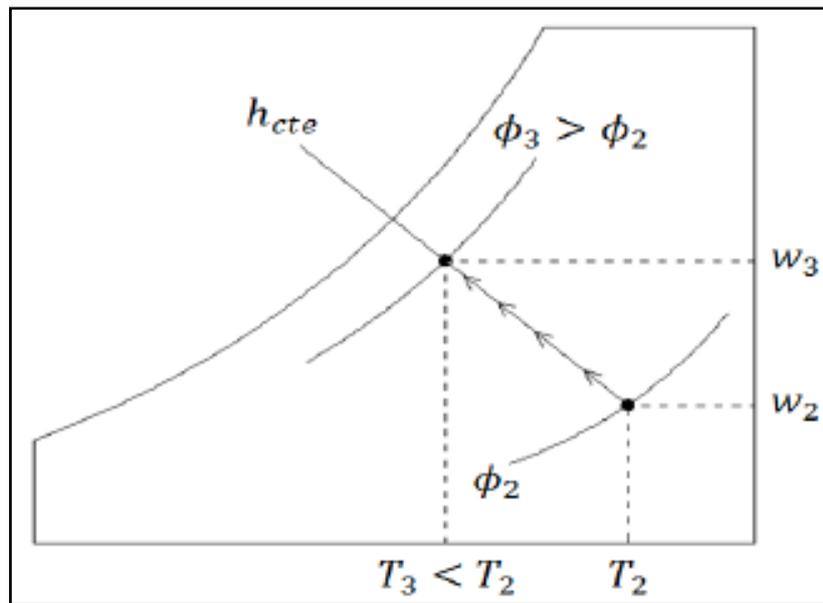


Figura 12.- Proceso de secado

(Durán, 2014, pág. 63)

2.5.3 Determinación del flujo de aire

Partiendo de la definición de humedad absoluta, y considerando que $(\dot{m}_{wv})_2$ representa el contenido inicial de vapor de agua en el aire se obtiene: (Adum, 2014).

$$w_3 - w_2 = \frac{(\dot{m}_{wv})_2 + \Delta\dot{m}_w}{\dot{m}_{dg}} - \frac{(\dot{m}_{wv})_2}{\dot{m}_{dg}}$$

$$w_3 - w_2 = \frac{\Delta\dot{m}_w}{\dot{m}_{dg}}$$

$$\dot{m}_{aire} = \dot{m}_{dg} + (\dot{m}_{wv})_2$$

$$\dot{m}_{aire} = \dot{m}_{dg} + w_2\dot{m}_{dg}$$

$$\dot{m}_{aire} = \dot{m}_{dg}(1 + w_2)w_2 \approx 0$$

$$\dot{m}_{aire} \approx \dot{m}_{dg}$$

Donde finalmente

$$\dot{m}_{aire} = \frac{\Delta \dot{m}_w}{w_3 - w_2}$$

Reemplazando datos tenemos:

$$\dot{m}_{aire} = \frac{35.62 \text{ Kg de vapor/h}}{(0.0295 - 0.017) \text{ Kg de vapor/Kg de aire seco}}$$

$$\dot{m}_{aire} = 2849.6 \text{ Kg de aire/h}$$

$$\dot{m}_{aire} = 0.7915 \frac{\text{Kg aire}}{\text{s}}$$

El flujo volumétrico lo tenemos dividiendo para la densidad del aire

Por lo tanto:

$$\dot{V}_{aire} = \frac{\dot{m}_{aire}}{\rho_{aire}}$$

$$\dot{V}_{aire} = 0.6815 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$\dot{V}_{aire} = 1444.13 \text{ cfm}$$

$$\dot{V}_{aire} = 10804 \text{ gpm}$$

2.5.4 Calentador

A continuación se lustra el diagrama termodinámico del calentador, el cual recibe aire a presión atmosférica, con una temperatura de bulbo seco y humedad relativa dada por las condiciones ambientales. Estas tres propiedades (presión, temperatura y humedad) definen por completo el estado termodinámico de la mezcla a la entrada del calentador(Durán, 2014).

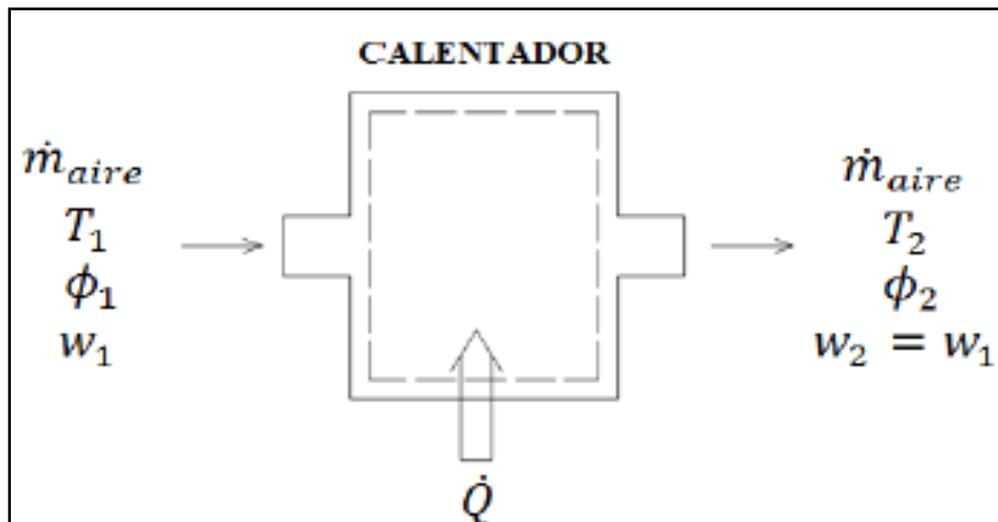


Figura 13.- Termodinámica del calentador

(Durán, 2014, pág. 63)

El calentador es un medio cerrado que no permite el ingreso de humedad exterior. Tampoco existe condensación en su interior porque el aire está siendo calentado y no enfriado. Por lo tanto, el contenido real de humedad o humedad absoluta permanece constante en este volumen de control. El resultado del calentamiento es un aire con mayor temperatura y menor humedad relativa, es decir, con mayor capacidad de secado.

Considerando los siguientes supuestos:

- Proceso adiabático
- Estado estable
- $\Delta EC = \Delta EP = 0$
- $C_p = \text{constante}$
- $\dot{W} = 0$

El calor a transferir al aire viene dado por la siguiente expresión:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{aire} c_p (T_2 - T_1)$$

Donde:

\dot{Q} = Calor transferido al aire, [kW].

\dot{m}_{aire} = Flujo másico del aire, [kg/s].

c_p = Calor específico del air, [kJ/ Kg-s].

T_1 = Temperatura del aire en la entrada del quemador, [°C].

T_2 = Temperatura del aire en la salida del quemador, [°C].

Datos:

$$c_p = 1.007 \frac{KJ}{Kg - K}$$

$$\dot{m}_{aire} = 0.764 \frac{Kg}{seg}$$

$$T_2 = 60^\circ C$$

$$T_1 = 25^\circ C$$

Por lo tanto:

$$\dot{Q} = 0.764 \frac{kg}{seg} (1.007 \frac{KJ}{Kg - K})(60 - 25)K$$

$$\dot{Q} = 26.92 KW$$

2.5.4.1 Selección del quemador

El tipo de quemador requerido dependerá del combustible que vaya a ser quemado, del calor total y de la disponibilidad de aire de combustión precalentado. También para seleccionar un quemador algo importante es definir el tipo de energía a usar, puede ser eléctrico o GLP.

Para este caso utilizaremos GLP como combustible para el calentamiento del aire requerido para la combustión y escogeremos un quemador de tiro natural. La capacidad máxima de diseño de estos quemadores esta normalmente limitada a 4.6 MW, ya que pueden ocurrir llamas con longitudes excesiva a capacidades mayores. Son fabricados con 3 componentes básicos como: la pistola del quemador, el registro del aire y la garganta del quemador.

2.6 Sistema de ventilación

Para mover el aire a través del sistema es necesario aportar energía para vencer las pérdidas de carga, para esto se hará uso de un ventilador.

2.6.1 Análisis del fluido y de las partículas

El fluido a usar es aire anteriormente se lo analizó desde el punto de vista termodinámico y su capacidad para extraer la humedad sin embargo para que el fluido sea capaz de alcanzar su propósito debe pasar por toda la cámara de secado y salir al ambiente.

El fluido es forzado a pasar por la cámara de secado pero al pasar por los granos de cacao existe una caída de presión, esto lo podemos modelar como un lecho poroso y podemos usar la ecuación de Ergún la cual se obtiene las siguientes consideraciones(Masciarelli, Stancich, & Fernando, 2011).

- Las partículas están dispuestas al azar.
- Los efectos de rugosidad son despreciables.
- Todas las partículas son el mismo tamaño y forma.
- Los efectos de pared son despreciables.

En este punto es claro aclarar que la porosidad se define como: (Martin & Salcedo, 2011).

$$\varepsilon = 1 - \varepsilon_s$$

$$\varepsilon_s = \frac{C_s}{\rho_s}$$

Donde:

ε_s = Fracción volumétrica de los sólidos

C_s = Cantidad de solido por unidad de volumen, [Kg/m³].

ρ_s = Densidad del sólido, [Kg/m³].

Calculando la porosidad

$$\varepsilon_s = \frac{600}{900} = 0,666$$

$$\varepsilon = 1 - \varepsilon_s$$

$$\varepsilon = 1 - 0.6666 = 0,333$$

Con el valor de la porosidad encontramos la esfericidad de la partícula. Ver figura 14.

$$\Phi_s = 0.9 \text{ (Esfericidad del cacao).}$$

La velocidad superficial media del lecho, es calculada como el producto de la velocidad del fluido y la porosidad de la partícula.

$$u^+ = u\varepsilon$$

Donde:

u = Velocidad del fluido, [m/s].

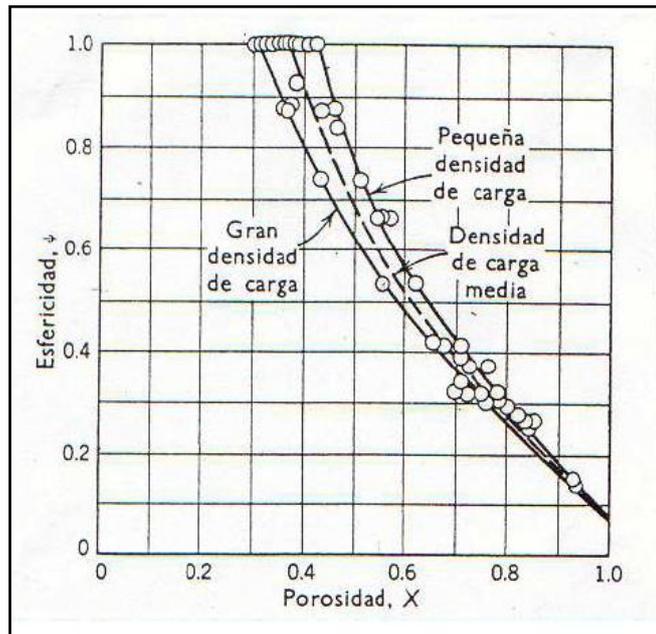


Figura 14.- Esfericidad en función de la porosidad y el tipo de material empleado (Masciarelli, Stancich, & Fernando, 2011)

En estas condiciones, cuando se ha definido el concepto de velocidad superficial del fluido, se puede definir un módulo de Reynolds de partícula, de forma que:

$$Re = \frac{\rho_{gas} u^+ d_p}{\mu}$$

Donde ρ y μ son la densidad y viscosidad del fluido, u^+ la velocidad superficial definida anteriormente y d_p el tamaño medio de las partículas.

Permeabilidad del fluido a través de los sólidos se calcula de la siguiente manera (Martin & Salcedo, 2011).

$$K = \frac{\varepsilon^3 (d_p \Phi_s)^2}{150(1 - \varepsilon)^2}$$

2.6.2 Velocidad mínima de fluidización.

La fluidización es un proceso por el cual una corriente ascendente de fluido se utiliza para suspender partículas sólidas. En nuestro caso necesitamos un lecho fijo pero la velocidad mínima de fluidización será la velocidad máxima para el lecho fijo y así evitar la fluidización (Martin & Salcedo, 2011).

$$\frac{1,75}{\varepsilon^3 \Phi_s} Re^2 + \frac{150(1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3 \Phi_s^2} Re = \frac{d_{prom}^3 \rho_{gas} (\rho_{sólido} - \rho_{gas}) g}{\mu^2}$$

Donde:

ε = Porosidad del lecho, [Adimensional].

Φ_s = Esfericidad de la partícula, [Adimensional].

Re = Número de Reynolds, [Adimensional].

d_{prom} = Diámetro promedio de la partícula, [m].

ρ_{gas} = Densidad del fluido, [kg/m³].

$\rho_{sólido}$ = Densidad del sólido, [kg/m³].

g = Gravedad, [m/s²].

μ = Viscosidad dinámica, [kg/m s].

Por la forma de la fórmula de velocidad mínima fluidización podemos notar que es independiente de la masa del lecho y de la sección del lecho y únicamente depende de las características físicas de las propias partículas (tamaño, densidad) y del fluido.

Reemplazando tenemos:

$$\frac{1,75}{(0,33^3)(0,9)} Re^2 + \frac{150(1-0,33)}{(0,33^3)(0,9^2)} Re = \frac{(0,0176^3)(1,1614)(900-1,1614)(9,81)}{(184,6 \times 10^{-7})^2}$$

$$52,5Re^2 + 3333,34 Re - 163835176,7 = 0$$

Resolviendo la ecuación cuadrática obtenemos:

$$Re = 1735,08$$

Además el número de Reynolds está definido como:

$$Re = \frac{\rho_{gas} u^+ d_{prom}}{\mu}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds, [Adimensional].

d_{prom} = Diámetro promedio de la partícula, [m].

ρ_{gas} = Densidad del fluido, [kg/m³].

u^+ = Velocidad superficial del lecho, [m/s].

μ = Viscosidad dinámica, [kg/m s].

Entonces obtenemos u^+

$$Re = \frac{(1,1614)(u^+)(0,0176)}{184,6 \times 10^{-7}}$$

$$u^+ = 1,57 \text{ m/s}$$

Por lo tanto la velocidad máxima que tendría el lecho fijo es $u^+ = 1,57 \text{ m/s}$ para así evitar la fluidización. Para nuestros cálculos nosotros escogeremos $u^+ = 1 \text{ m/s}$

2.6.3 Caída de presión a través de lechos porosos

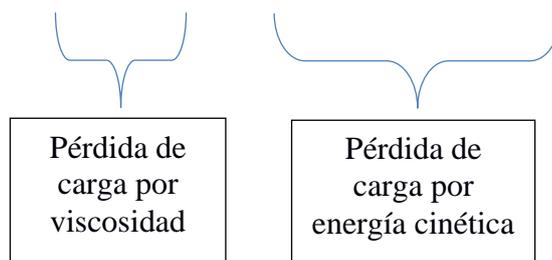
El fluido circula a través de canales pequeños y tortuosos, perdiendo energía lo cual se manifiesta en una disminución de presión del fluido. Esto lo podemos modelar como un lecho poroso y podemos usar la ecuación de Ergún la cual se obtiene las siguientes consideraciones:

- Las partículas están dispuestas al azar.
- Los efectos de rugosidad son despreciables.
- Todas las partículas son el mismo tamaño y forma.
- Los efectos de pared son despreciables.

El frotamiento total por unidad de área de la pared es igual a la suma de 2 tipos de fuerzas:

- Fuerzas por frotamiento viscoso.
- Fuerzas de inercia.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 (1 - \epsilon)^2 \mu u^+}{\epsilon^3 (d_{prom} \Phi_s)^2} + 1.75 \frac{(1 - \epsilon) \rho_{gas} u^{+2}}{\epsilon^3 d_{prom} \Phi_s}$$



Donde:

ε = Porosidad del lecho, [Adimensional].

Φ_s = Esfericidad de la partícula, [Adimensional].

d_{prom} = Diámetro promedio de la partícula, [m].

ρ_{gas} = Densidad del fluido, [kg/m³].

u^+ = Velocidad en la superficie del lecho, [m/s].

μ = Viscosidad dinámica, [kg/m s].

L = Altura del lecho, [m].

ΔP = Caída de presión debido a lecho poroso, [Pa].

Según los valores de Reynolds la ecuación de Ergún se puede simplificar:

Si $Re < 20$

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 (1 - \varepsilon)^2 \mu u^+}{\varepsilon^3 (d_{prom} \Phi_s)^2}$$

Ecuación de KosenyKarman (solo ΔP por viscosidad)

Si $Re > 1000$

$$\frac{\Delta P}{L} = 1.75 \frac{(1 - \varepsilon) \rho_{gas} u^{+2}}{\varepsilon^3 d_{prom} \Phi_s}$$

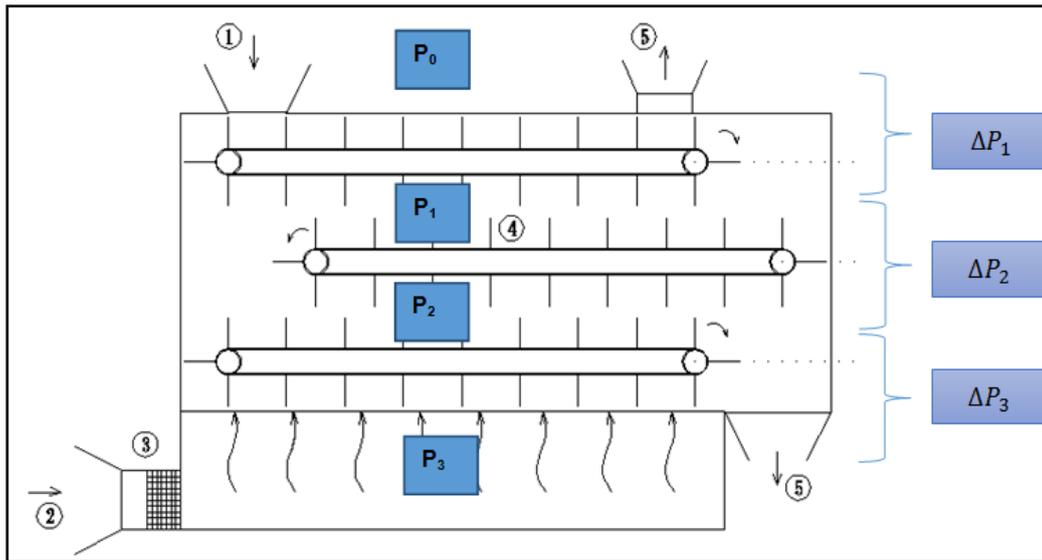
Ecuación de Blake Plummer (solo ΔP por energía cinética)

Cuando tenemos lechos porosos es fundamental saber el Reynolds para saber que ecuación usar

$$Re = \frac{\rho_{gas} u^+ d_{prom}}{\mu}$$
$$Re = \frac{(1,1614)(1)(0,0176)}{184,6 \times 10^{-7}}$$
$$Re = 1107,3$$

Como Reynolds es mayor a 1000 usamos la ecuación de BlakePlummer.

A continuación se muestra un esquema donde se observa los cambios de presión en el interior de secado.



**Figura 15.-Esquema de cámara de secado
(González, Torres, 2016)**

$$\frac{\Delta P}{L} = 1.75 \frac{(1 - \epsilon) \rho_{\text{gas}} u^{+2}}{\epsilon^3 d_{\text{prom}} \Phi_s}$$

Reemplazando tenemos:

$$\frac{\Delta P}{L} = 1.75 \frac{(1 - 0,33) (1,1614)(1)^2}{0,33^3 (0,9)(0,0176)}$$

$$\frac{\Delta P}{L} = 2309,60 \text{ Pa/m}$$

Asumimos $L = 0,1 \text{ m}$

$$\frac{\Delta P}{L} = 2309,60 \text{ Pa/m}$$

$$\Delta P = 230,960 \text{ Pa}$$

Como tenemos tres caídas de presión por los lechos porosos en total tenemos en la cámara de secado la siguiente caída de presión total:

$$\Delta P_{\text{TOTAL}} = 692.88 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{\text{TOTAL}} = 2.78 \text{ in H}_2\text{O}$$

2.6.4 Cálculo de potencia del motor del ventilador

Podemos obtener la potencia necesaria del motor del ventilador con la siguiente formula

$$\text{Potencia} = \frac{(\dot{V})(\Delta P_{\text{TOTAL}})}{(6536)(\eta)}$$

Donde:

Potencia = Potencia, [Hp].

\dot{V} = Caudal, [pies cubico/ min].

ΔP_{TOTAL} = Presión estática, [inH₂O].

n = Eficiencia, [fracción].

Asumimos una eficiencia de 0,7 y obtenemos

$$\text{Potencia} = \frac{(1444.13)(2.78)}{(6536)(0,7)}$$

$$\text{Potencia} = 0.88 \text{ hp}$$

2.6.5 Cálculo de velocidad específica

La velocidad específica es un término adimensional el cual nos ayuda a seleccionar el tipo de ventilador a usar con la siguiente fórmula

$$N_{SD} = \frac{\omega \sqrt{q}}{h_a^{\frac{3}{4}}}$$

Donde:

ω = Velocidad angular del ventilador en rpm

q = Caudal del aire en gpm

h_a = Cabezal en ft

Si $N_{SD} > 9000$ entonces es de tipo axial.

Si $500 < N_{SD} < 4000$ entonces es de tipo radial o centrifugo.

Entonces para efectos de cálculos estimamos un motor de 1700 rpm y con los datos anteriores obtenidos tenemos lo siguiente donde:

$$h = \frac{\Delta P}{\rho g}$$

$$h = \frac{692.88}{(1,1614)(9,81)}$$

$$h = 60.81 \text{ m}$$

$$h = 199.52 \text{ ft}$$

$$N_{SD} = \frac{1700\sqrt{10804}}{(199.52)^{\frac{3}{4}}}$$

$$N_{SD} = 3328.48$$

Como la velocidad específica está dentro de unos de los rangos anteriormente mencionado debemos seleccionar un ventilador centrífugo(Okiishi, 1999).

2.6.6 Selección del ventilador

Con 1444,13 cfmy con la presión estática de 2,78 pulgadas de agua seleccionamos el ventilador centrífugo de mediana presión de la marca Sodeca tipo CB -1733-4T-1,5.

Es un ventilador centrífugo de simple aspiración con turbina multipala, los alabas orientados hacia delante, fabricados de chapas de acero galvanizado.

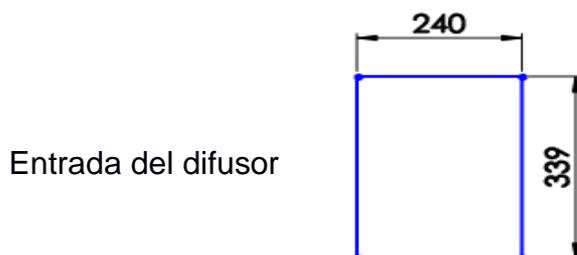
Usa un motor monofásico y la temperatura máxima del aire a transportar es de 120°C, además tiene un acabado superficial en resina de poliéster polimerizada a 190°C.

Las características técnicas, del punto de máxima eficiencia (BEP), curvas características y dimensiones podrán observarse en el apéndice B.

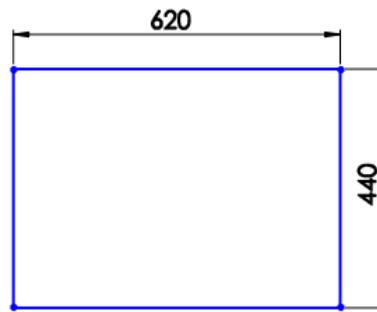
2.6.7 Diseño de elemento de transición entre ventilador y la cámara de secado

El elemento de transición conecta el ventilador y la cámara de secado para llevar el flujo de aire de manera uniforme tal que llegue a toda la cámara de secado.

Este elemento funciona como difusor por lo tanto hay incremento en la presión estática. Debemos conocer el área de entrada del difusor que es el área de salida del ventilador y el área de salida del difusor que es el área de ingreso a la cámara de secado.



Salida del difusor



Para poder usar las tablas utilizaremos el concepto de diámetro hidráulico para un rectángulo.

$$D_H = \frac{4 ab}{2a + 2b}$$

Donde a y b son lados del rectángulo

$$D_{H1} = \frac{4(339)(240)}{2(339) + 2(240)} = 281,036 \text{ mm}$$

$$D_{H2} = \frac{4(620)(400)}{2(620) + 2(400)} = 486.275 \text{ mm}$$

Relación de diámetros

$$\frac{D_{H2}}{D_{H1}} = \frac{486.275}{281,036} = 1.73$$

Cálculo del ángulo

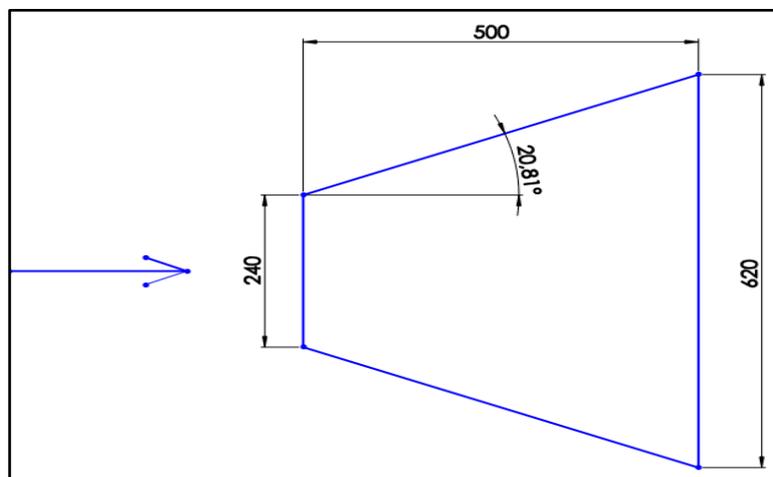


Figura 16.-Esquema del ángulo de inclinación del difusor
(González, Torres, 2016)

A una distancia de 500 mm observamos que el ángulo es 37,23° y con la siguiente tabla observamos que el factor R = 0,57

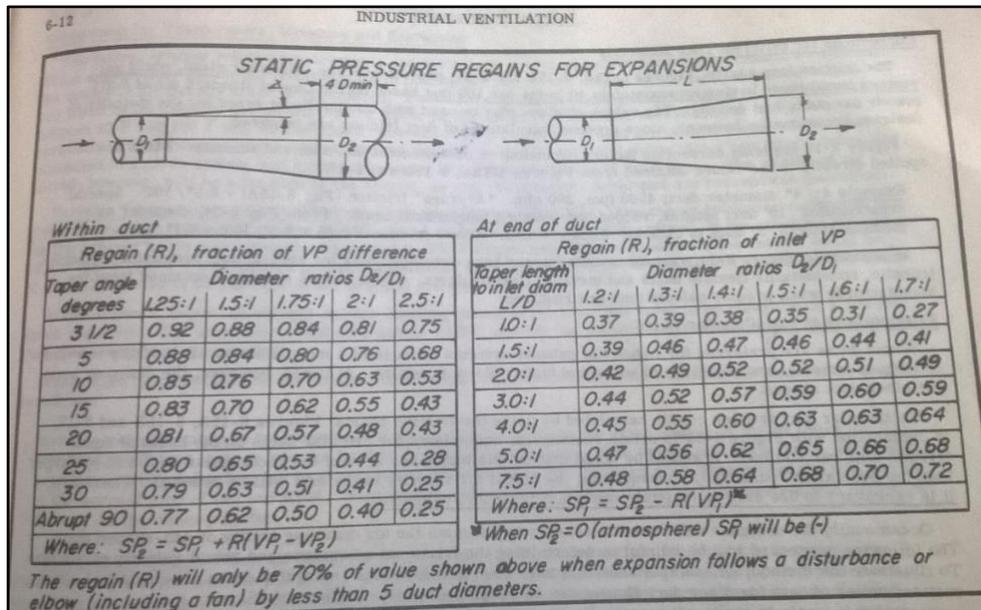


Figura 17.- Valores de ganancia por expansión
(Escuela superior Politecnica del litoral, 1981)

Para hallar el difusor más eficiente debemos hallar la presión de velocidad (VP)

$$VP = \left(\frac{V}{4005} \right)^2$$

Donde:

VP = Presión de velocidad, [pulgada de agua].

V = Velocidad, [pie / min].

$$V_1 = \frac{\dot{V}}{A_1} = \frac{0.6815 \frac{m^3}{seg}}{0.08136 m^2} = 8.376 \frac{m}{seg} = 1648,88 \frac{ft}{min}$$

$$V_2 = \frac{\dot{V}}{A_2} = \frac{0.6815 \frac{m^3}{seg}}{0,248m^2} = 2.748 \frac{m}{seg} = 540.96 \frac{ft}{min}$$

$$VP_1 = \left(\frac{V_1}{4005} \right)^2 = \left(\frac{1648,88}{4005} \right)^2 = 0,17$$

$$VP_2 = \left(\frac{V_2}{4005} \right)^2 = \left(\frac{540.96}{4005} \right)^2 = 0,0182$$

La presión estática a la salida del difusor es mayor que a la salida como se muestra en la siguiente ecuación.

$$SP_2 = SP_1 + R(VP_1 - VP_2)$$

Podemos notar que la eficiencia del difusor se aprecia por el segundo término de la ecuación en la que interviene R y la diferencia de presión de velocidad.

$$R = 0,4$$

$$VP_1 - VP_2 = 0,17 - 0,0182 = 0,1517$$

Por lo tanto

$$R(VP_1 - VP_2) = 0,57(0,1517) = 0,0864 \text{ in } H_2O$$

En conclusión podemos despreciar los efectos de ganancia de presión estática en el difusor debido que las presiones de velocidades son muy pequeñas.

2.7 Velocidad de secado

La velocidad de extracción de agua del sólido es llamada velocidad de secado y se define de la siguiente manera (Tinoco, 2010).

$$R = \frac{M_s dx}{A dt}$$

Donde

$$\frac{dx}{dt} = \text{Cambio de humedad con el tiempo [Kg de agua/Kg de sólido hr]}$$

$$A = \text{Área de contacto del cacao [m}^2\text{]}$$

$$M_s = \text{Masa del sólido seco [kg de sólido]}$$

$$R = \text{[Kg de agua/ m}^2\text{hr]}$$

2.7.1 Velocidad de secado en conducción

Considerando un cuerpo húmedo provisto en un recipiente cerrado, al que se le extrae vapor, la velocidad del secado dependerá del aporte de calor al sólido, dada por la ecuación

$$\frac{dR}{dt} = \frac{10^3 dQ}{H_{fg} dt}$$

$$H_{fg} = \text{Calor latente de vaporización a la temperatura de bulbo húmedo [KJ/Kg].}$$

$$Q = \text{Flujo de calor [W].}$$

2.7.2 Velocidad de secado en convección

La energía necesaria para secar el producto es suministrado solamente por el calor sensible del gas de secado. Mientras el líquido es evaporado por la corriente del gas, puede formularse un equilibrio dinámico entre la velocidad de suministro de calor y la velocidad de eliminación de líquido de la siguiente manera (Nonhebel, 1979).

$$\frac{dR}{dt} = \frac{h_c A (T_s - T_g)}{H_{fg}}$$

h_c = Coeficiente de transferencia de calor por convección, [W/m².K]

A = Área de contacto del cacao, [m²]

T_g = Temperatura de los granos, [°C]

T_s = Temperatura de secado, [°C]

2.8 Curvas de secado

Estas curvas nos muestran el contenido de humedad a través del tiempo en el proceso de secado.

- Curva A-B: Período inicial, cambio de humedad en el material.
- Recta B-C: El periodo la velocidad de secado es constante, el secado se mantiene igual hasta que llega a un punto crítico.
- Punto C: Es donde la línea recta tiende a curvarse y formar una asíntota con el contenido de humedad X_{eq} donde es el valor mínimo de humedad en el proceso de secado esto quiere decir que en el punto E jamás es tocado.

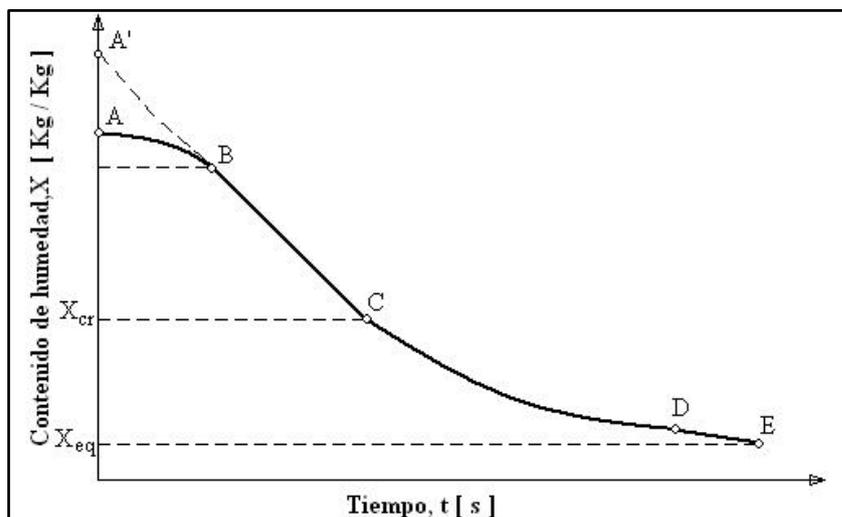


Figura 18.- Curva de secado
(Nava, 2004)

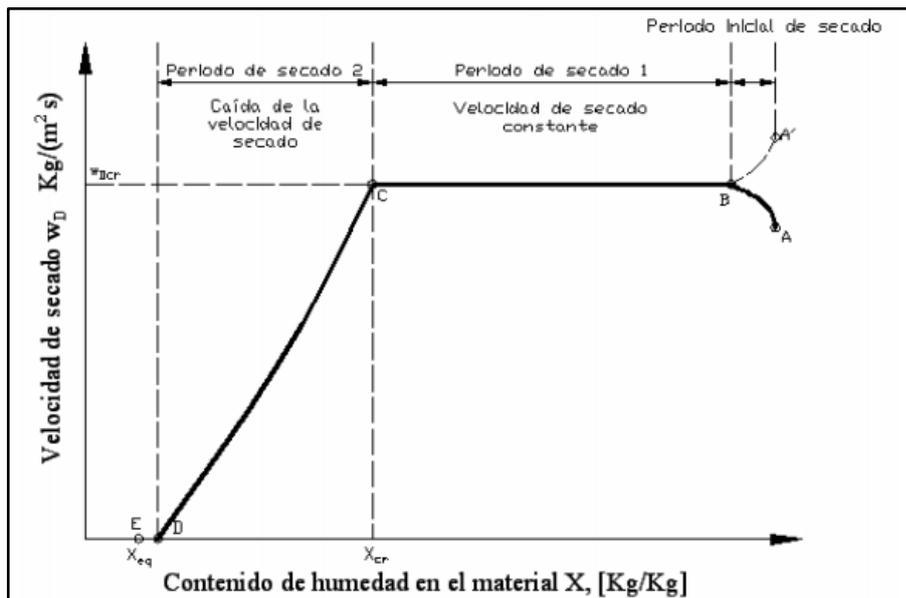


Figura 19.- Curva de velocidad de secado
(Nava, 2004)

Este tipo de curva indica con que velocidad se seca el material. Este diagrama tiene la función $w_D = F(X)$ donde muestra la cantidad de humedad removida desde el material secado por unidad de tiempo por unidad de superficie.

$$w_D = - \frac{m \, dX}{A \, dt}$$

2.9 Tiempo de secado

El tiempo de secado estaría dado por la sumatoria del tiempo ocupado en los dos periodos de velocidad del proceso, expresado en la siguiente ecuación:

$$t_{TOTAL} = t_1 + t_2$$

t_{TOTAL} : Tiempo total de secado, [s]

t_1 : Tiempo de secado a velocidad constante, [s]

t_2 : Tiempo de secado a velocidad decreciente, [s]

2.9.1 Periodo constante de secado

En este periodo el valor de la velocidad de secado permanece constante y el tiempo de secado a velocidad constante es:

$$t_1 = \frac{M_S}{A_S R_C} (X_1 - X_{cr})$$

A_S : Área de secado [m²]

X_1 : Humedad inicial del material

X_{cr} : Humedad crítica del material

2.9.2 Periodo de caída de secado

En este periodo de secado puede comportarse de manera lineal como lo muestra la curva de secado pero también puede comportarse de manera no lineal (Nava, 2004).

$$t_2 = \frac{m_s}{A} \int_{X_2}^{X_{cr}} \frac{dX}{w_{D2}}$$

Consideremos el caso lineal.

$$t_2 = \frac{M_S X_{cr}}{A_S R_C} \ln \frac{X_{cr}}{X_f}$$

X_f : Humedad final del material

2.9.3 Cálculo de tiempo de secado

Considerando el total del producto se define el área de secado de la siguiente manera:

$$A_S = \frac{C}{\rho_c e_c}$$

Donde:

Densidad del cacao $\rho_c = 900 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

Espesor de cacao $e_c = 0.07 \text{ m}$

Capacidad del secador $C = 500 \text{ Kg}$

$$A_S = \frac{500}{(900)(0.09)}$$

$$A_S = 6.173 \text{ m}^2$$

Para determinar la velocidad media del aire de secado:

$$G = 3600 v_a \rho_a$$

Donde:

$$\text{Densidad del aire } \rho_a = 1.1614 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Velocidad del aire de secado } v_a = 3 \text{ [m/s]}$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección para flujo de aire perpendicular a la superficie es:

$$h_c = 4.2G^{0.37}$$

La velocidad de secado es:

$$R_c = \frac{h_c(T_s - T_g)}{H_{fg}}$$

Donde:

$$\text{Temperatura del aire de secado } T_s = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura de la superficie de los granos } T_g = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Calor latente de vaporización a la temperatura de bulbo húmedo } H_{fg} = 2430.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Entonces el tiempo de secado a velocidad constante es:

$$t_1 = \frac{M_s}{A_s R_c} (X_1 - X_{cr})$$

Donde:

$$\text{Masa seca del producto } M_s = 200 \text{ Kg}$$

$$\text{Humedad inicial del material } X_1 = 60\%$$

$$\text{Humedad crítica del material } X_{cr} = 40\%$$

V_a (m/s)	G (Kg/hm ²)	h_c (KJ/m ² h°C)	R_c (Kg/h.m ²)	T_1 (h)
0,5	2090,52	71,08	1,02	4,92
0,75	3135,78	82,58	1,19	4,24
1	4181,04	91,86	1,32	3,81
1,25	5226,30	99,77	1,44	3,51
1,5	6271,56	106,73	1,54	3,28
1,75	7316,82	112,99	1,63	3,10
2	8362,08	118,71	1,71	2,95
2,25	9407,34	124,00	1,79	2,82
2,5	10452,60	128,93	1,86	2,71
3	12543,12	137,93	1,99	2,54

**Tabla 4.- Valores del tiempo de secado a velocidad constante
(González, Torres, 2016)**

Ahora el tiempo de secado con una velocidad decreciente se lo obtiene por:

$$t_2 = \frac{M_S X_{cr}}{A_S R_C} \ln \frac{X_{cr}}{X_f}$$

Donde:

Masa seca del producto $M_S = 200 \text{ Kg}$

Humedad final del material $X_f = 7\%$

Humedad crítica del material $X_{cr} = 40\%$

$V_a \text{ (m/s)}$	$T_2 \text{ (h)}$
0,5	17,16
0,75	14,77
1	13,28
1,25	12,22
1,5	11,43
1,75	10,79
2	10,27
2,25	9,83
2,5	9,46
3	8,84

Tabla 5.- Valores del tiempo de secado en el periodo decreciente.
(González, Torres, 2016)

Por lo tanto el tiempo total de secado es:

$T_1 \text{ (h)}$	$T_2 \text{ (h)}$	$T_{TOTAL} \text{ (h)}$
4,92	17,16	22,08
4,24	14,77	19,00
3,81	13,28	17,08
3,51	12,22	15,73
3,28	11,43	14,70
3,10	10,79	13,89
2,95	10,27	13,22
2,82	9,83	12,66
2,71	9,46	12,17
2,54	8,84	11,38

Tabla 6.-Tiempo total en el proceso de secado.
(González, Torres, 2016)

2.9.4 Curvas de secado experimental

En el siguiente grafico podemos observar como varía el tiempo para secar los granos de cacao en relación a la velocidad del aire que tiene la temperatura adecuada para realizar el proceso.

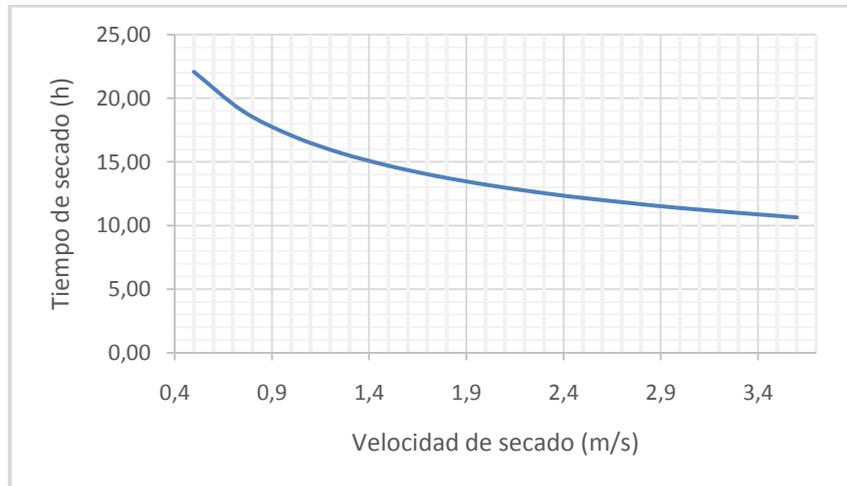


Figura 20.-Tiempo total secado Vs Velocidad de secado.
(González, Torres, 2016)

2.10 Cálculo de la potencia requerida y selección del motor

Para establecer la potencia requerida para mover el sistema necesitamos saber cuál es su carga total, para este proceso tenemos:

- Carga total del sistema 500 Kg (10 Quintales).
- Carga por lote 166.67 Kg
- Peso por lote 1633.33 N

El siguiente esquema muestra la distribución de fuerzas que actúan en el lecho fijo.

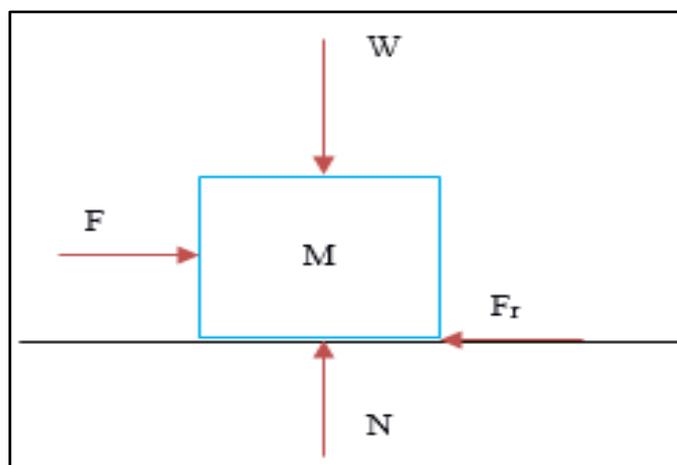


Figura 21.-Distribución de las fuerzas en el lecho
(González, Torres, 2016)

Donde:

F: Fuerza necesaria para mover el sistema, [N].

Fr: Fuerza de rozamiento, [N].

W: Peso del lecho fijo, [N].

N: Fuerza de reacción al peso, [N].

Por equilibrio sabemos:

$$F = F_r$$

$$F_r = \mu_k N$$

$$N = W$$

Por consiguiente podemos calcular la fuerza necesaria para mover el sistema. El coeficiente de rozamiento cinético entre la superficie y los granos de cacao es de 0.8, por lo tanto:

$$N = W$$

$$N = 1633.33 \text{ N}$$

$$F_r = \mu_k N$$

$$F_r = 0.8(1633.33)$$

$$F_r = 1306.67 \text{ N}$$

Por otro lado sabemos:

$$T = Fr$$

Donde:

T: Torque, [N-m].

r: Brazo de palanca, [m].

Se escogió un piñón dentado simple de diámetro de paso igual a 69.11 mm, por lo que el brazo de palanca es igual al radio del piñón, es decir, 34.55mm.

$$T = Fr$$

$$T = 1306.67(0.03455)$$

$$T = 45.15 \text{ N} - \text{m}$$

La potencia es calculada de la siguiente manera:

$$P = T\omega$$

Donde:

P: Potencia, [W].

ω : Velocidad angular, [rad/s].

Escogimos una velocidad angular de 1 rpm para el sistema de secado, entonces:

$$P = T\omega$$

$$P = (45.15)(1)\left(\frac{2\pi}{60}\right)$$

$$P = 4.73 \text{ W}$$

$$P = 4.73 * 6$$

$$P_T = 28.37 \text{ W}$$

La potencia total del sistema es multiplicado por un factor de seguridad de 1.3

$$P_T = 1.3(28.37)$$

$$P_T = 36.88 \text{ W}$$

$$P_T = 0.049 \text{ hp}$$

Un motor de medio caballo (0.5 hp) es suficiente para poner en movimiento el sistema.

2.11 Selección del piñón.

Al seleccionar un Piñón (sprocket) motriz se recomienda utilizar 17 dientes como mínimo. Por otro lado cuando un sprocket no abre al diámetro del eje requerido, es necesario seleccionar un sprocket con un número de dientes mayor. También hay que verificar que el sprocket seleccionado tenga el barrenado máximo necesario para abrirlo al diámetro del eje. Los barrenos máximos para tamaños comunes de sprocket motrices pueden ser observados en anexos(Martin, 2013).

Para el sistema de transmisión se escogió un piñón para cadena de rodillos según la norma DIN8187-8188. Piñón dentado simple con diámetro exterior igual a 69.11 mm, 17 dientes y paso de $\frac{1}{2}$ " (12.7 mm).

La siguiente imagen muestra las características del piñón dentado.

Simplex-Type B — Steel/Cast							Simplex-Type A — Steel				
No. Teeth	Pitch Diameter MM	Catalog Number	Bore		Hub		Weight (Approx.) Kilos	Catalog Number	Bore Stock MM	Weight (Approx.) Kilos	
			Stock	Max.	H	L					
8	33,18	08B8	10	13	20	25	0,06	08A8	8	0,03	
9	37,13	08B9	10	15	24	25	0,09	08A9	8	0,04	
10	41,10	08B10	10	17	26	25	0,12	08A10	8	0,06	
11	45,07	08B11	10	20	29	25	0,15	08A11	10	0,07	
12	49,07	08B12	10	22	33	28	0,21	08A12	10	0,09	
13	53,06	08B13	10	25	37	28	0,27	08A13	10	0,10	
14	57,07	08B14	10	27	41	28	0,33	08A14	10	0,12	
15	61,09	08B15	10	30	45	28	0,39	08A15	10	0,13	
16	66,10	08B16	12	33	50	28	0,46	08A16	10	0,16	
17	69,11	08B17	12	34	52	28	0,51	08A17	10	0,18	
18	73,14	08B18	12	37	56	28	0,59	08A18	10	0,20	
19	77,16	08B19	12	40	60	28	0,67	08A19	10	0,23	
20	81,19	08B20	12	42	64	28	0,77	08A20	10	0,25	
21	85,22	08B21	14	45	68	28	0,85	08A21	12	0,26	
22	89,24	08B22	14	46	70	28	0,92	08A22	12	0,30	
23	93,27	08B23	14	46	70	28	0,95	08A23	12	0,34	
24	97,29	08B24	14	46	70	28	0,98	08A24	12	0,37	
25	101,33	08B25	14	46	70	28	1,01	08A25	12	0,41	
26	105,36	08B26	16	46	70	30	1,09	08A26	16	0,44	
27	109,40	08B27	16	46	70	30	1,13	08A27	16	0,48	
28	113,42	08B28	16	46	70	30	1,17	08A28	16	0,51	
29	117,46	08B29	16	54	80	30	1,41	08A29	16	0,55	
30	121,50	08B30	16	54	80	30	1,46	08A30	16	0,59	
31	125,54	08B31	16	60	90	30	1,75	08A31	16	0,63	
32	129,56	08B32	16	60	90	30	1,79	08A32	16	0,68	
33	133,60	08B33	16	60	90	30	1,83	08A33	16	0,72	
34	137,64	08B34	16	60	90	30	1,87	08A34	16	0,78	
35	141,68	08B35	16	60	90	30	1,94	08A35	16	0,81	
36	145,72	08B36	16	60	90	35	2,21	08A36	16	0,87	
37	149,76	08B37	16	60	90	35	2,24	08A37	16	0,92	
38	153,80	08B38	16	60	90	35	2,33	08A38	16	0,97	
39	157,83	08B39	20	60	90	35	2,30	08A39	16	1,02	
40	161,87	08B40	16	60	90	35	2,44	08A40	16	1,08	
41	165,91	08B41	19	60	90	35	2,41	08A41	20	1,10	
42	169,95	08B42	19	60	90	35	2,38	08A42	20	1,00	
43	173,99	08B43*	19	60	90	35	2,35	08A43	20	1,24	
44	178,03	08B44*	19	60	90	35	2,32	08A44	20	1,28	
45*	182,07	08B45	19	54	90	40	2,30	08A45	20	1,00	
46	186,10	08B46*	19	60	90	35	2,45	08A46	20	1,43	
47	190,14	08B47	19	60	90	35	2,60	08A47	20	1,50	
48	194,18	08B48	19	67	100	35	2,85	08A48	20	1,57	
50	202,26	08B50	19	67	100	35	2,92	08A50	20	1,81	
54	218,43	08B54	19	67	100	35	3,00	08A54	20	2,00	
57*	230,54	08B57	19	40	70	40	3,13	08A57	20	2,22	
60	242,66	08B60	19	67	100	35	3,30	08A60	20	2,50	

CHAIN DATA:
 BS 228/7
 ISO 08B-1
 PITCH: 12,70mm (0.500 in.)
 ROLLER DIAMETER: 8,51mm (0.335 in.)
 ROLLER WIDTH: 7,75mm (0.305 in.)
 TENSILE: 19,000 Newtons.

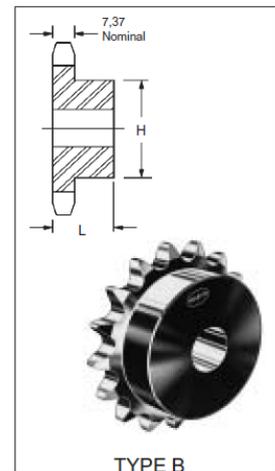
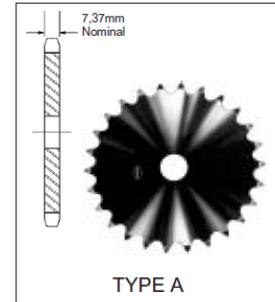


Figura 22.-Piñones dentados tipos A y B
(Martin, s.f.)

2.12 Cálculo y selección de cadena para transportación de carga

Para seleccionar adecuadamente una transmisión por cadena se debe tener en cuenta los siguientes pasos(Mott, 2006).

Paso 1.- Potencia de diseño

$$P = FS(P_{nominal})$$

FS: Factor de servicio

$$P = 1.3(0.5)$$

$$P = 0.65 hp$$

Paso 2.- Relación de velocidad deseada

Para este caso la cadena solo va a transmitir el movimiento, entonces la relación de velocidad es de 1:1

$$R = \frac{\omega_{Salida}}{\omega_{Entrada}}$$

$$R = 1$$

Paso 3.- Tipo de cadena

En esta sección escogeremos el tipo de cadena, hileras, paso, número de dientes del engrane a conducir, tipo de lubricación, etc. Para fines de cálculos escogimos:

- Cadena de una hilera.
- Cadena número 2042.
- Doble Paso 25.4 mm (1").
- $N_1=17$ dientes.
- Lubricación normal.

Paso 4.- Número de dientes

$$R = \frac{N_2}{N_1}$$

$$N_2 = RN_1$$

$$N_2 = 1(17)$$

$$N_2 = 17$$

Paso 5.- Velocidad de Salida

$$n_2 = n_1 = 1 \text{ rpm}$$

Paso 6.- Diámetro de paso

$$D_p = \frac{p}{\text{Sen}\left(\frac{180}{Z}\right)}$$

$$D_p = \frac{12.7}{\text{Sen}\left(\frac{180}{17}\right)}$$

$$D_p = 69.11 \text{ mm}$$

Paso 7.- Distancia entre centros

La distancia entre centros está en el rango de 30 a 50 veces el paso. Para distancias entre centro de 80 veces el paso o mayores deben usarse sprocketsidlers o guías de cadena para soportar el peso de la misma. Para este caso tenemos una distancia entre centro de 78 veces su paso.

$$C = 78(25.4) = 2006.6 \text{ mm}$$

Paso 8.- Longitud necesaria en número de pasos

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

$$L = 2(78) + \frac{17 + 17}{2} + \frac{(17 - 17)^2}{4\pi^2(87)}$$

$$L = 174 \text{ Pasos}$$

Paso 9.- Ajuste de la distancia entre centros

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \left(\frac{N_2 + N_1}{2} \right) \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C = \frac{1}{4} \left[174 - \frac{17 + 17}{2} + \sqrt{\left[174 - \left(\frac{17 + 17}{2} \right) \right]^2 - \frac{8(17 - 17)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C = \frac{1}{4} [174 - 17 + 157]$$

$$C = 78.5$$

$$C = 78.5(25.4)$$

$$C = 1993.9 \text{ mm}$$

Paso 10.- Ángulo de contacto

El ángulo de contacto debe ser mayor a 120°.

$$\theta = 180 \pm 2 \text{sen}^{-1} \left(\frac{D_2 - D_1}{2} \right)$$

$$\theta_{1,2} = 180^\circ$$

2.13 Dimensionamiento del eje

2.13.1 Análisis estático

Para el diseño de esta barra utilizaremos un material tenaz y usaremos la teoría del cortante máximo. Hemos escogido un acero estructural SAE 1018 con las siguientes propiedades (Budynas & Nisbett, 2008).

- $S_{ut} = 440 \text{ MPa}$
- $S_y = 370 \text{ MPa}$

Además trabajaremos con un factor de seguridad $\eta = 2$.

Para determinar el diámetro del eje se utilizara la siguiente ecuación:

$$\eta\tau \leq \frac{S_y}{2} \quad (1)$$

Donde τ es el cortante máximo y es expresado de la siguiente manera:

$$\tau = \frac{4V}{3A}$$

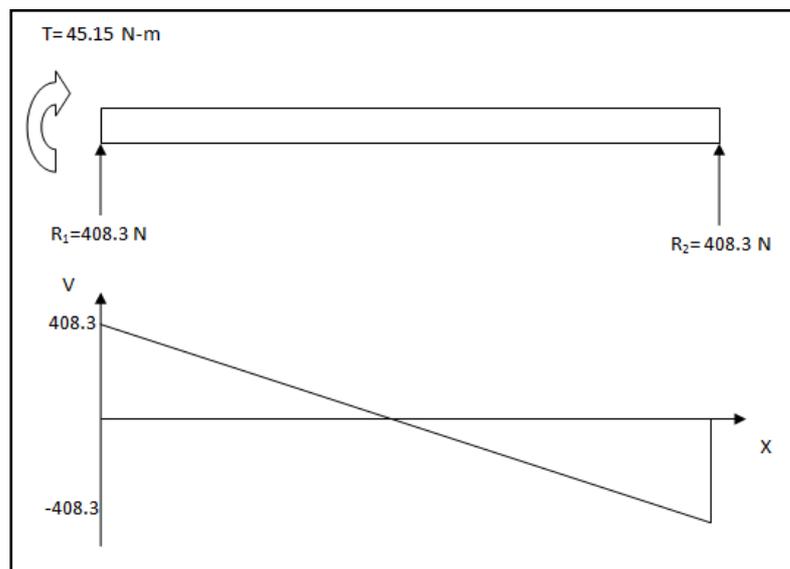
Entonces la ecuación (1) quedaría de la siguiente forma:

$$\eta \frac{16V}{3\pi D^2} \leq \frac{S_y}{2}$$

Donde el Diámetro para el diseño de la barra fija sería:

$$D \geq \sqrt{\eta \frac{32V}{3\pi S_y}}$$

Para determinar el diámetro de la barra haremos uso del cortante máximo (V) ejercido sobre la barra, para esto utilizaremos los diagramas de fuerzas cortantes en el eje:



**Figura 23.-Diagrama de esfuerzo cortante
(González, Torres, 2016)**

El esfuerzo cortante máximo es:

$$V_{max} = 408.3 \text{ N}$$

De esta manera encontraremos el diámetro de la barra fija

$$D \geq \sqrt{(2) \frac{32(408.3)}{3\pi(370 \times 10^6)}}$$
$$D \geq 27.3 \text{ mm}$$

2.13.2 Análisis de fatiga

Utilizando el método de Goodman para este diseño tenemos:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{\eta}$$

Con el esfuerzo último a la tensión del material $S_{ut} = 440 \text{ MPa}$ procedemos a calcular los siguiente parámetros.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S_e'$$

Donde el límite de fatiga del material es:

$$S_e' = 0.504 S_{ut}$$

$$S_e' = 0.504 (440)$$

$$S_e' = 221.76 \text{ MPa}$$

El Factor de superficie:

$$k_a = a(S_{ut})^b$$

Donde con el esfuerzo ultimo a la tensión y el material maquinado se obtuvo:

$$a = 4.45$$

$$b = -0.265$$

$$k_a = (4.45)(440)^{-0.265}$$

$$k_a = 0.8868$$

El Factor de tamaño:

$$k_b = \left(\frac{De}{7.62} \right)^{-0.107}$$

$$k_b = \left(\frac{27.3}{7.62} \right)^{-0.107}$$

$$k_b = 0.8724$$

El Factor de carga:

$$k_c = 0.897 \quad (\text{Flexión y Torsión})$$

El Factor de temperatura:

$$k_d = 1 \quad (\text{No hay temperatura})$$

El Factor de efectos varios:

$$k_e = 1$$

El límite de fatiga del elemento mecánico será:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S_e'$$

$$S_e = (0.8868)(0.8724)(0.897)(1)(1)(221.76)$$

$$S_e = 153.89 \text{ MPa}$$

El esfuerzo alternante y el esfuerzo medio se lo calculan con la carga fluctuante que varía de (0-138.08) N-m.

$$\sigma_a = \frac{(\sigma_{Max} - \sigma_{Min})}{2}$$

$$\sigma_m = \frac{(\sigma_{Max} + \sigma_{Min})}{2}$$

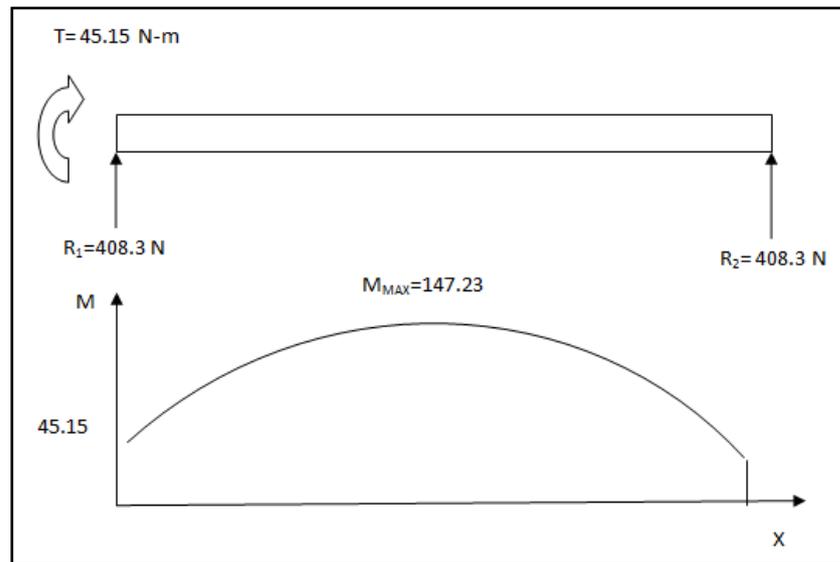
Donde:

$$\sigma_{Max,Min} = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_{Max} = \frac{32M_{max}}{\pi D^3}$$

$$\sigma_{Min} = \frac{32M_{min}}{\pi D^3}$$

Utilizando los diagramas de momento flexionante encontraremos el momento máximo en cada eje:



**Figura 24.-Diagrama de momento flexionante
(González, Torres, 2016)**

El momento máximo es:

$$M_{max} = 138.08 \text{ Nm}$$

$$M_{min} = 0$$

Entonces los esfuerzos quedarían expresados de la siguiente manera:

$$\sigma_a = 34.56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 69.12 \text{ MPa}$$

Por lo tanto la ecuación de Goodman quedará de la siguiente forma:

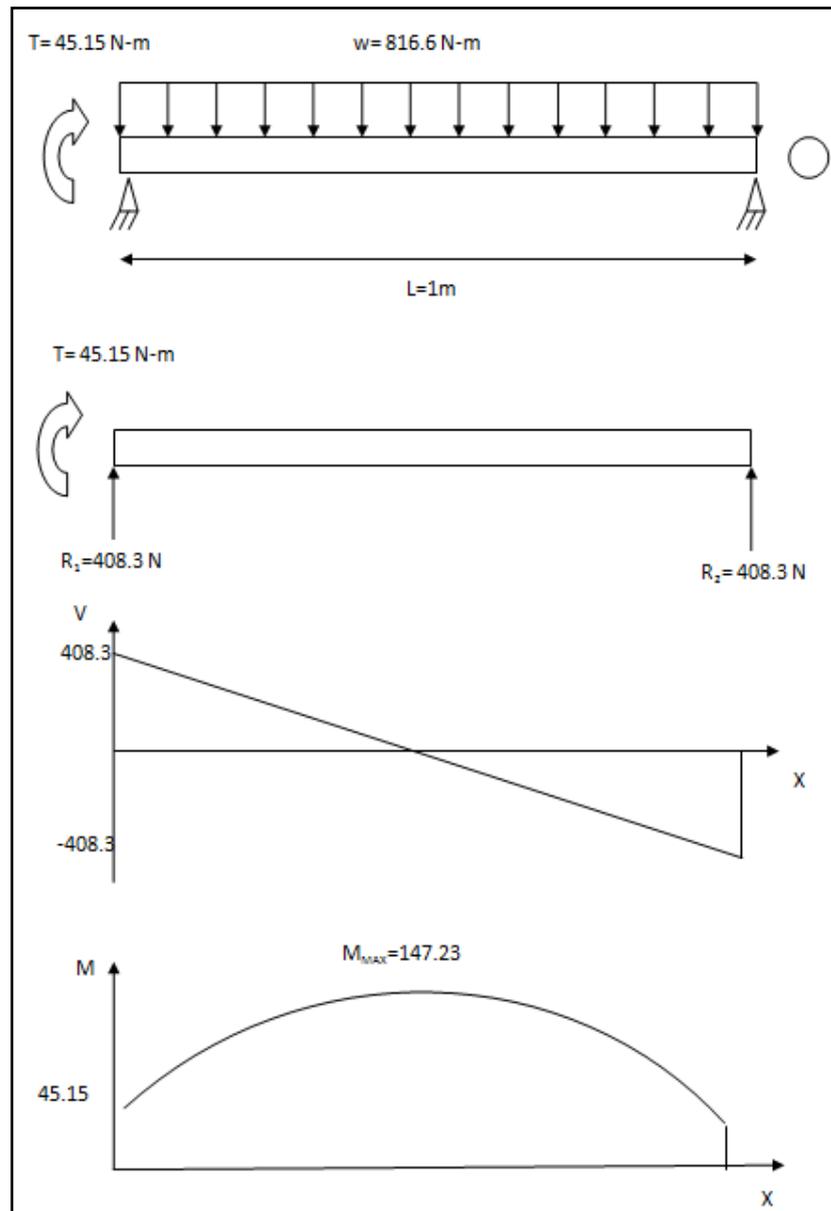
$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{\eta}$$

$$\frac{34.56}{153.89} + \frac{69.12}{440} = \frac{1}{\eta}$$

$$\eta = 1.62$$

Como el factor de seguridad es mayor a la unidad el diámetro del eje debe ser igual a 27.3 mm. Observando los ejes comerciales el diámetro (D) del eje es igual a 30 mm.

En el siguiente gráfico mostramos las fuerzas ejercidas en el eje con su respectivo grafico de esfuerzo cortante y momento flector.



**Figura 25.-Diagrama de fuerzas
(González, Torres, 2016)**

CAPITULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de resultados

- *Controlar y mejorar el sistema de secado del cacao, que realizan los productores ecuatorianos.*

El Ecuador es uno de los principales productores de cacao a nivel mundial por lo cual debe mejorar el secado de su producto implementando procesos de secado artificiales para así aumentar su producción y con ello su ingreso económico. Actualmente pequeños y medianos productores de cacao no cuentan con asesoramiento técnico de ningún tipo. Con el desarrollo de este diseño mecánico de secadora el agricultor tendrá una alternativa favorable y rápida para secar los granos de cacao debido a que este ha logrado disminuir el tiempo de secado y el área ocupada para este proceso.

- *Disminuir el tiempo en el proceso de secado del cacao.*

Se ha diseñado una unidad secadora de granos de cacao para mejorar el proceso de postcosecha, el secador continuo puede procesar 500 Kg (Húmedo) en un tiempo de 11.38 horas la cual puede ser verificada en la tabla 6 del capítulo anterior.

Comparando con el secado convencional o tradicional de los agricultores este tiempo es muy favorable con relación a los 7 u 8 días que normalmente utilizaban para este mismo proceso.

La velocidad del aire de secado es de 3 m/s, este valor fue escogido para evitar la fluidización en el interior del sistema, la cual nos da un resultado favorable.

Velocidad (m/s)	T ₁ (h)	T ₂ (h)	T _{TOTAL} (h)
3	2,54	8,84	11,38

**Tabla 7.- Tiempo del proceso de secado
(González, Torres, 2016)**

- *Obtener un producto de calidad y homogéneo en su secado, debido al continuo volteo en el proceso mecánico.*

El diseño de la unidad secadora para granos de cacao ofrece un volteo muy beneficioso debido a su constante movimiento. Los granos al caer a las siguientes etapas del proceso ganan uniformidad en el secado porque las partículas se encuentran constantemente en movimiento. De esta manera aseguramos un secado eficiente obteniendo un producto de calidad con la humedad respectiva para posteriormente su almacenamiento.

- *Disminuir la mano de obra, innecesaria durante el proceso de secado del cacao.*

Como el proceso es netamente mecánico la única intervención humana es en el depósito del producto y en la descarga del mismo. Debido que el producto está constantemente en movimiento no hay la intervención por terceras personas para poder mover el producto en el interior del secador. Comparándolo con los secadores tradicionales, cada cierto tiempo había que mover el producto para que este pueda ser secado en toda su superficies. El diseño de esta secadora de grano es una ventaja beneficiosa para el agricultor debido a que aumentamos su producción y disminuimos el costo de la mano de obra.

- *Aprovechar y reducir los espacios físicos con el secador mecánico del cacao en comparación con el área utilizada de manera convencional.*

Los agricultores utilizan la manera tradicional para secar el cacao. Normalmente son grandes explanadas que ocupan demasiado espacio físico para hacer sus tendales y poder secar su producto. Con el diseño de la unidad secadora de granos se logró disminuir este espacio físico y aprovechar estas grandes áreas para proceso de postcosecha o almacenamiento.

Un agricultor para poder secar 500 Kg (10 quintales) de su producto necesitaba un área de 50 m², ahora con el diseño propuesto tan solo ocupará un área aproximada de 7 m².

3.2 Análisis de costo

Para implementar este tipo de sistema de secado de granos debemos indicar el rendimiento del secador. El tamaño de este es proporcional al área de siembra de cacao del Recinto. La propuesta de diseñar y construir el prototipo de la unidad secadora debe ser analizada desde el punto de vista técnico y operacional.

Con la ayuda del software se realizó un estudio técnico en el que se ve el tamaño ideal de la secadora de granos y se debe realizar un estudio de consumo energético y consumo de combustible de la unidad.

3.2.1 Consumo energético

Para su operación la unidad secadora consta de lo siguiente:

Elemento	Característica	Equivalencia
Motor	½ hp	0.373 Kw
Ventilador	1 hp	0.750 Kw
Potencia instalada	1 ½ hp	1.119 Kw

**Tabla 8.- Potencia de los equipos del secador de granos
(González, Torres, 2016)**

El costo por el consumo de energía oscila entre (0.08 - 0.1) Kwh

Potencia instalada	Hora de operación	Precio Kwh
1.119Kw	1 h	\$ 0.10 Kwh
Total	\$ 0.1119 por hora de operación	

**Tabla 9.- Costo por hora de operación
(González, Torres, 2016)**

El tiempo total empleado por la unidad secadora de granos de cacao es de 11.38 horas, por lo consiguiente el costo de operación de la maquina es de \$1.273.

Este resultado se lo divide para la capacidad de diseño, la cual es 500 Kg al 40% de rendimiento, es decir, 200 Kg. Lo que da como resultado lo siguiente:

$$\frac{\$1.273}{200 \text{ Kg}} = 0.006365 \text{ por Kg seco}$$

Esto quiere decir que 1 quintal de cacao seco (45.54 Kg) costará alrededor de \$0.29.

3.2.2 Consumo de combustible

El secador de granos de cacao constara de un quemador, el cual elevara la temperatura del aire ambiente a la temperatura deseada para el secado. De esta manera obtenemos:

$$Pot = Q P_c$$

Donde:

Pot: Potencia, [Kcal/h].

Q: Consumo de combustible, [Kg/h].

Pc: Poder calorífico del combustible, [Kcal/Kg].

Datos:

$$Pot = 26.92 \text{ KW} = 23145.93 \frac{\text{KCal}}{\text{h}}$$

$$P_c = 10830 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$Q = \frac{Pot}{P_c}$$

$$Q = \frac{23145.93 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{10830 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}}$$

$$Q = 2.14 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

El quemador utilizara 2.14 Kg de GLP por hora trabajada, dando un total de 24.32 Kg de GLP por el tiempo total de secado. El costo del GLP es de \$ 2.00 (15 Kg), esto nos da un total de \$ 3.25 por operación de secado.

3.2.3 Análisis financiero

La implementación del diseño requiere de una serie de rubros de construcción. A continuación se ha realizado el presupuesto para la construcción y el costo de operación de la secadora de granos de cacao.

PRESUPUESTO DE LA UNIDAD SECADORA			
CANTIDAD	DETALLES	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	Ventilador Centrífugo	\$300.00	\$300.00
1	Motor	\$181.00	\$181.00
1	Reductor	\$700.00	\$700.00
1	Variador de frecuencia	\$300.00	\$300.00
7	Chumacera de 30 mm	\$8.00	\$56.00
10	Piñones simple 08B	\$15.00	\$150.00
3	Planchas perforadas 1.5 mm	\$70.00	\$210.00
6	Planchas de acero negro 2 mm	\$40.00	\$240.00
4	Tubos cuadrados 40x40x2 mm	\$15.00	\$60.00
7.5 m	Ejes 30 mm	\$6.00	\$45.00
20	Pernos, anillo planos y de presión	\$ 0.50	\$10.00
3	Cadena para transportación	\$250.00	\$750.00
1	Cadena para transmisión	\$50.00	\$50.00
50	Servicio de doblado y plegado	\$ 0.25	\$ 12.50
1	Mano de obra	\$ 800	\$800.00
		Subtotal	\$3864.50
		G. Adicional (10%)	\$386.45
		Total	\$4250.95

**Tabla 10.- Costo aproximado de la construcción del equipo
(González, Torres, 2016)**

CAPITULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

A lo largo de este proyecto hemos aprendidos a conocer cada uno de los parámetros involucrados en el proceso de secado de un tipo de grano determinado. Estos parámetros son de gran importancia e influyen directamente a la tasa de secado para los granos.

Como sabemos Ecuador es uno de los principales productores de cacao por lo tanto debe mejorar los procesos dentro de la cadena de valor de sus productos, por ello pequeños y medianos productores de cacao deben tener asesoramiento e introducirse a la práctica de secado artificial.

Como consecuencia se ha diseñado una máquina secadora para granos de cacao con el fin de mejorar los procesos de postcosecha de los agricultores en los sectores mencionados al principio de este trabajo. La unidad secadora puede procesar 500 Kg (10 quintales) húmedo en un periodo aproximado de 11 horas ocupando una área relativamente pequeña en comparación a los grandes tendales convencionales. El factor tiempo es de gran importancia, normalmente el tiempo estimado para realizar este proceso era de 8 días, ahora el agricultor con este diseño puede tener un mejor rendimiento de su producto y por ende disminuye el costo de operación y mano de obra aumentando así su ingreso económico. Podemos aclarar que los objetivos planteados durante el desarrollo del proyecto se alcanzaron por lo que es factible implementar esta unidad secadora para los pequeños productores ecuatorianos. Además cabe recalcar que los elementos seleccionados y escogidos para este proyecto son de fácil adquisición en el mercado nacional.

4.2 Recomendaciones

El correcto funcionamiento de la unidad secadora es de gran importancia y afecta directamente a la calidad de los granos. El tiempo de permanencia de esta unidad es reflejado en su totalidad al correcto mantenimiento que se pueda dar a las diferentes partes que componen la máquina, por esta razón se debe realizar un plan de mantenimiento dependiendo del uso diario programado para el equipo.

Por otro lado el secador está diseñado para una determina cantidad de producto, es decir, es indispensable utilizar el equipo bajos estas condiciones y no sobrecargar la unidad durante el tiempo estimado para el proceso de secado. Terminando el proceso de secado, la limpieza del equipo es un factor de gran importancia para obtener la calidad del producto para la siguiente operación, por esa razón es recomendable realizar la limpieza del equipo terminado todas las actividades durante el día.

En uso de este secador no solo es propio para granos de cacao, como unidad secadora, si se investigan los parámetros que intervienen en el diseño, esta máquina se puede utilizar para secar diferentes tipos de granos, obviamente el rendimiento tendrá variación dependiendo de las características y las propiedades del grano a secar.

Adicionalmente cabe aclarar que la temperatura de secado no debe exceder ni acercarse a los 70°C, al hacerlo, el grano comenzara a quemarse y por ende a descascarillarse, además que pierde calidad y aroma según las normas que lo regulan. También es de gran importancia tener cuidado con las pérdidas de calor que puedan producirse en el interior de la cámara de secado, se recomienda recubrir todas las partes del contorno del secador con un material que resista altas temperatura.

Cuando la unidad secadora se implemente, se debe tener en cuenta cada uno de los parámetros involucrados para este proceso para poder determinar tiempos y las características reales del proceso. Se debe utilizar cilindros de GLP domésticos para la operación de la secadora, además se recomienda incorporar un sistema de control de humedad, velocidad del ventilador y medidores de temperatura para que la automatización del proceso sea más eficiente.

BIBLIOGRAFIA

- Asociacion Nacional de Exportaciones de Cacao. (21 de febrero de 2006). Obtenido de www.anecacao.com
- Adum, I. V. (2014). Secadores. Guayaquil.
- Anecacao. (Septiembre de 2013). Obtenido de Origen del cacao segun investigaciones: www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html
- Avila, J. M. (2013). Evaluacion de un secador solar inclinado con absorbedor de zeolita para granos de cacao CCN51. Cuenca, Ecuador.
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). Diseño en ingenieria mecanica de Shigley. Mexico.
- Duran, C. G. (2014). Desarrollo de una Técnica Lagrangiana para el Dimensionamiento y Análisis Paramétrico de Secadores Rotativos. Guayaquil.
- Escuela superior Politecnica del litoral. (1981). Ventilacion Industrial. Guayaquil.
- Gavilanez L, S. S. (2001). Diseño y construccion de un prototipo de molino de rodillos para cacao. Quito, Ecuador.
- Gilces Vera, H., & Sanmartin Fajardo, F. (2013). Analisis y seleccion de procesos de secado de cacao y diseño de prototipo de una unidad secadora tipo plataforma. Milagro.
- Guachamin Velasquez, C. D. (2007). Diseño de un secador de granos finos. Cuenca.
- Manual del cultivo de cacao. (2004). Peru.
- Martin. (15 de Mayo de 2013). El gran catalogo 4000-seccion E-Sprockets. Obtenido de <http://issuu.com/msg-mexico/docs/cat4000-e/163>
- Martin. (s.f.). Piñones estadares Martin. Obtenido de <http://www.lindis.com/pdf/Piñones-Martin-ESP.pdf>
- Martin, I., & Salcedo, R. (2011). Mecánica de fluidos, Transporte de cantidad de movimiento solido-fluido. California. USA: Universidad de Alicante.
- Masciarelo, R., Stancich, S., & Fernando, S. (2011). Fluidización. Buenos Aires: Universidad Tecnologica Nacional - Facultad Regional Rosario - Catedra de Ing. de las Reacciones.
- Mott, R. L. (2006). Diseño de elementos de maquina. Mexico.
- Nava, J. R. (13 de Mayo de 2004). Proceso de secado. Obtenido de http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/davila_n_jr/capitulo4.pdf
- Nonhebel. (1979). El secado de solidos en la industria quimica. España.
- Okiishi, M. Y. (1999). Fundamentos de Mecanica de Fluidos. Mexico: Limusa S.A.
- Patricia Pilar GAD, P. (2014). Obtenido de <http://www.patriciapilar.gob.ec/geografia.html>
- Poveda, J. P. (2006). Diseño y smulacion de un secador de granos de cacao con colectores solares planos mediante convencion forzada para una capacidad de 500 Kg. Sangolquí.

- Rivera, M. E. (2007). Diseño de una Secadora de Arroz con Intercambiador de Calor para una Piladora.
- SODEPAU. (1993). Obtenido de http://www.edualter.org/material/consumo/unidad5_4.htm
- Tinoco, H. a. (Junio de 2010). ANÁLISIS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE CACAO PARA LA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE SECADO. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372010000100005
- UNCTAD - United Nations Conference on Trade and Development.

APÉNDICES

APÉNDICE A

- Norma Técnica Ecuatoriana NTN INEN 176:2006

 INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN Quito - Ecuador	
<hr/>	
NORMA TÉCNICA ECUATORIANA	NTE INEN 176:2006 Cuarta Revisión
<hr/>	
CACAO EN GRANO. REQUISITOS.	
Primera Edición	
COCOA BEANS . SPECIFICATIONS.	
First Edition	

TABLA 1. Requisitos de calidad del cacao en grano beneficiado

REQUISITOS	UNIDAD	ARRIBA					CCN51
		A.S.S.P.S	A.S.S.S	A.S.S	A.S.N.	A.S.E.	
Cien granos pesan	g	135-140	130-135	120-125	110-115	105-110	135-140
Buena fermentación (mín.)	%	75	65	60	44	26	***65
Ligera fermentación* (mín.)	%	10	10	5	10	27	11
Violeta (máx.)	%	10	15	21	25	25	18
Pizarroso (pastoso) (máx)	%	4	9	12	18	18	5
Moho (máx.)	%	1	1	2	3	4	1
TOTALES (análisis sobre 100 pepas)	%	100	100	100	100	100	100
Defectuosos (análisis sobre 500 gramos) (máx).	%	0	0	1	3	**4	1
TOTAL FERMENTADO (mín.)	%	85	75	65	54	53	76
A.S.S.P.S	Arriba Superior Summer Plantación selecta						
A.S.S.S	Arriba Superior Summer Selecto						
A.S.S.	Arriba Superior Selecto						
A.S.N.	Arriba Superior Navidad						
A.S.E.	Arriba superior Época						
* Coloración marrón violeta							
** Se permite la presencia de granza solamente para el tipo A.S.E.							
*** La coloración varía de marrón a violeta							

5.2 Requisitos complementarios.

5.2.1 La bodega de almacenamiento debe presentarse limpia, desinfectada, tanto interna como externamente y protegida contra el ataque de roedores.

5.2.2 Cuando se aplique plaguicidas, se deben utilizar los permitidos por la Ley para formulación, importación, comercialización y empleo de plaguicidas y productos afines de uso agrícola (Ley N° 739).

5.2.3 No se debe almacenar junto al cacao beneficiado otros productos que puedan transmitirle olores o sabores extraños.

5.2.4 Los envases conteniendo el cacao beneficiado deben estar almacenados sobre paletas (estibas).

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo se efectuará de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 177.

6.1.2 *Aceptación o rechazo.* Si la muestra ensayada no cumple con los requisitos establecidos en esta norma, se considera no clasificada. En caso de discrepancia se repetirán los ensayos sobre una muestra reservada para tales efectos.

Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso será motivo para reclasificar el lote.

APÉNDICE B

- Características del ventilador Sodeca tipo CB -1733-4T-1,5

CB



Ventiladores centrífugos de simple aspiración con turbina multipala

Ventilador:

- Envoltorio en chapa de acero
- Turbina con álabes hacia delante, en chapa de acero galvanizado

Motor:

- Motores eficiencia IE-2, excepto potencias inferiores a 0,75 kw monofásico y 2 velocidades
- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55, excepto modelos monofásicos protección IP54
- Monofásicos 230V-50Hz, y trifásicos 230/400V-50Hz
- Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C + 120°C

Acabado:

- Anticorrosivo en resina de poliéster, polimerizada a 190°C, previo desengrase alcalino y pretratamiento libre de fosfatos

Bajo demanda:

- Bobinados especiales para diferentes tensiones



Versión modelo CB-2240

Código de pedido

CB — 1733 — 4T — 1,5

↓

CB: Ventiladores centrífugos de simple aspiración con turbina multipala

↓

Tamaño turbina

↓

Número de polos motor
4=1400 r/min 50 Hz
6=900 r/min 50 Hz

↓

T=Trifásico
M=Monofásico

↓

Potencia motor (CV)

Características técnicas							
Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)		Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel sonoro dB(A)	Peso aprox. (Kg)
		230V	400V				
CB-820-4T	1350	1,66	0,96	0,25	1875	64	12,2
CB-820-4M	1370	2,00		0,25	1875	64	12,2
CB-1428-4T	1410	3,10	1,79	0,75	2800	69	17,6
CB-1428-4M	1410	5,05		0,75	2800	69	17,6
CB-1428-6T	860	1,77	1,02	0,25	2000	65	16,2
CB-1428-6M	900	2,07		0,25	2000	65	16,2
CB-1733-4T-1,5	1400	4,03	2,32	1,10	3200	74	25,0
CB-1733-4T-2	1430	5,96	3,44	1,50	4000	75	25,0
CB-1733-6T	945	3,90	2,20	0,75	3400	68	23,2
CB-1733-6M	900	4,97		0,75	3400	68	23,2
CB-2240-6T	955	9,30	5,30	2,20	7000	74	68,0

Erp. Características del punto de máxima eficiencia (BEP)										
Modelo	MC	EC	VSD	SR	ηe[%]	N	(kW)	(m³/h)	(mmH ₂ O)	(RPM)
CB-820-4T	A	S	NO	1,00	28,7%	39,1	0,227	791	30,28	1418
CB-1428-4T	A	S	NO	1,01	44,2%	52,4	0,514	1340	62,25	1451
CB-1428-4M	A	S	NO	1,01	31,6%	38,7	0,765	1503	59,02	1438
CB-1428-6T	A	S	NO	1,00	34,5%	45,9	0,160	1086	18,68	962
CB-1428-6M	A	S	NO	1,00	28,1%	38,6	0,219	1312	17,22	950
CB-1733-4T-1,5	A	S	NO	1,01	47,2%	53,1	1,147	2664	74,52	1414
CB-1733-4T-2	A	S	NO	1,01	41,8%	47,2	1,413	2880	75,31	1445
CB-1733-6T	A	S	NO	1,00	37,4%	46,0	0,428	1834	32,01	976
CB-2240-6T	A	S	NO	1,00	41,4%	48,0	0,903	2857	48,05	985

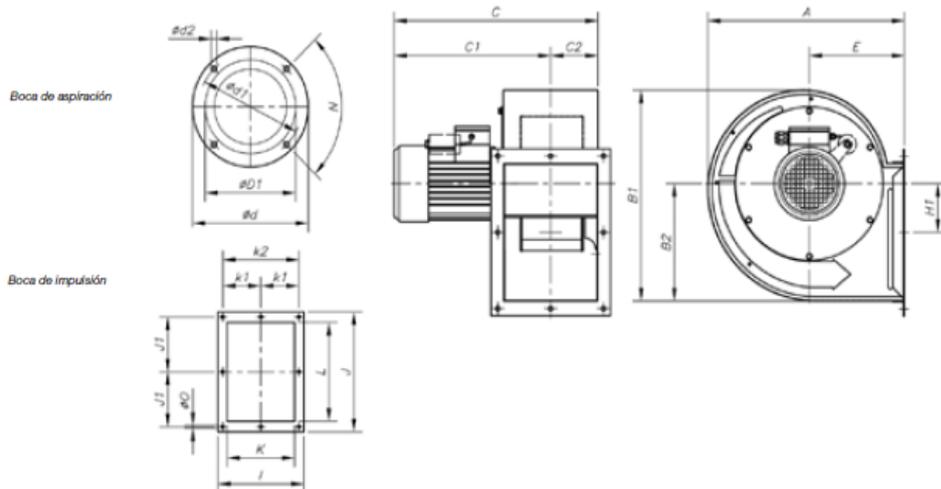
Características acústicas

Espectro de potencia sonora Lw(A) en dB(A) por banda de frecuencia en Hz

Modelo	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Modelo	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
820-4T	39	49	60	67	71	68	66	59	1733-4-2	50	60	71	78	82	79	77	70
1428-4	44	54	65	72	76	73	71	64	1733-6	43	53	64	71	75	72	70	63
1428-6	40	50	61	68	72	69	67	60	2240-6	52	61	72	79	83	81	79	72
1733-4-1,5	49	59	70	77	81	78	76	69									

Dimensiones mm

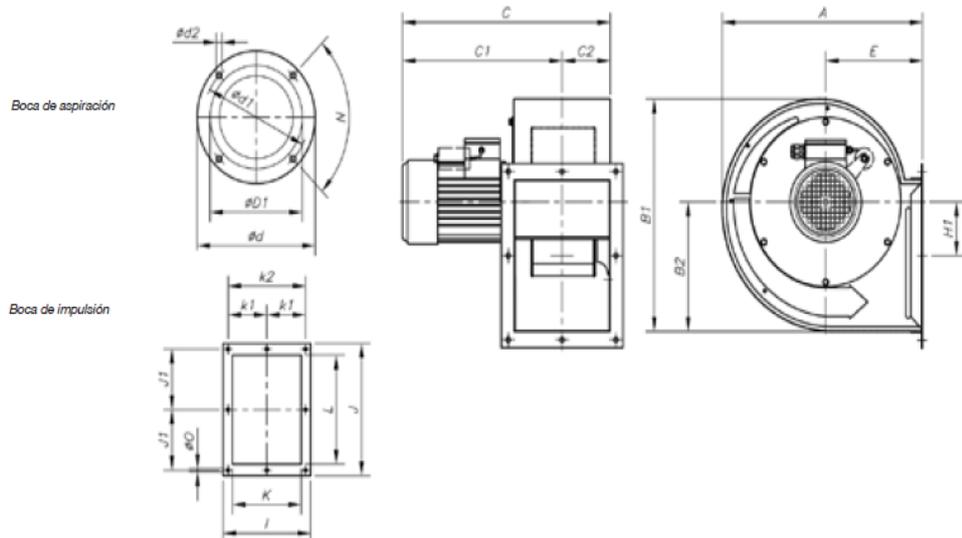
CB-820...1733



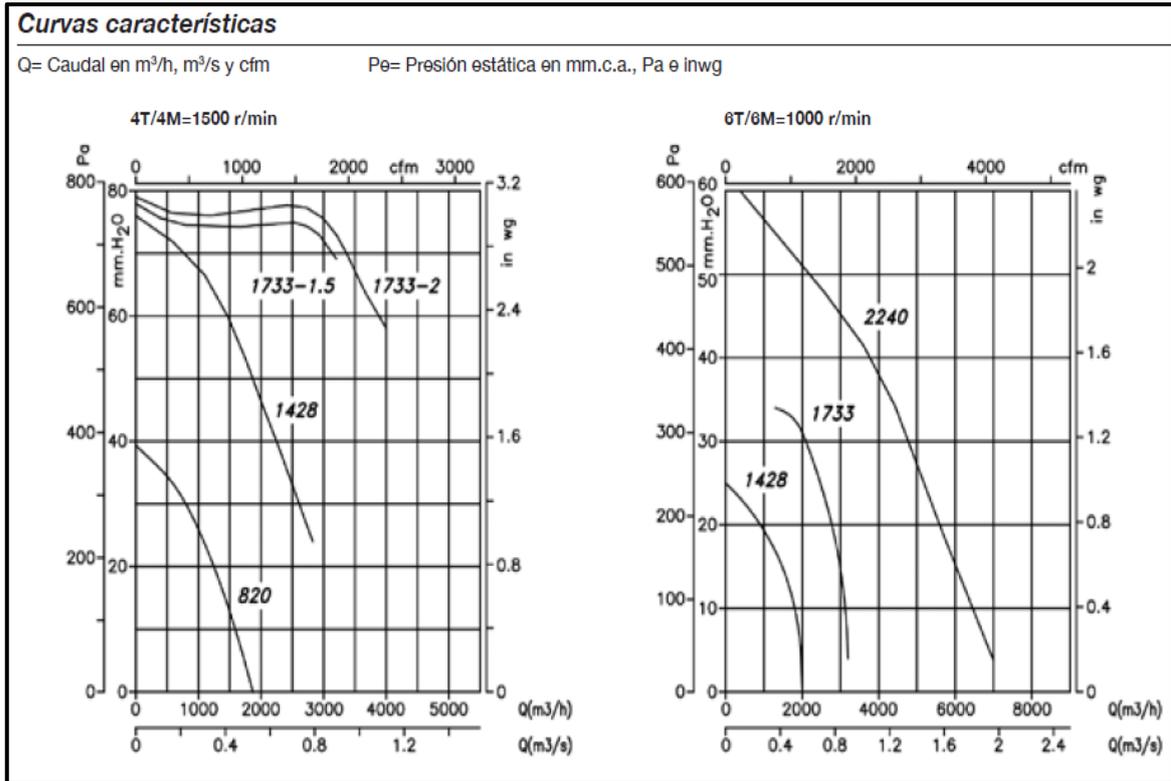
Modelo	A	B1	B2	C	C1	C2	$\phi D1^*$	$\phi d1$	$\phi d2$	E	H1	I	J	J1	K	k1	k2	L	N	ϕO
CB-820	321	374	222	339	268	71	200	230	M6	138	135,5	184	213	94,5	130	-	160	160	4x90°	9
CB-1428	428	442	246	444	341	103	250	294	M6	207	102	260	350	160	202	115	230	286	6x60°	9
CB-1733	497	522	291	520	397	123	315	355	M6	236	120,5	315	415	186	240	140	280	339	6x60°	9

Dimensiones mm

CB-820...1733



Modelo	A	B1	B2	C	C1	C2	$\phi D1^*$	$\phi d1$	$\phi d2$	E	H1	I	J	J1	K	k1	k2	L	N	ϕO
CB-820	321	374	222	339	268	71	200	230	M6	138	135,5	184	213	94,5	130	-	160	160	4x90°	9
CB-1428	428	442	246	444	341	103	250	294	M6	207	102	260	350	160	202	115	230	286	6x60°	9
CB-1733	497	522	291	520	397	123	315	355	M6	236	120,5	315	415	186	240	140	280	339	6x60°	9



APENDICE C

- Características de piñones estándares y curvas de potencias transmitidas para cadena de paso simple y doble.



Dimensiones Máximas de Mazas

Tamaños Máximos Recomendados para Mazas y Barrenos

ESTÁNDAR AMERICANO NO. 80												CUÑERO (Estándar Americano) y OPRESOR			
No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	Diám. de Opre-sor	Min. añadido al barreno para pared de Maza adecuada en sprockets de acero		
													Diám. de Eje	Cuñero Ancho y Prof.	Opre-sor sobre Cuña
6	75	3/4	3/8	16	935	3 3/4	2 1/4	26	1165	7 3/4	5 1/2	3/4	3/8	3/8	
7	175	1 1/4	3/4	17	985	4 1/4	2 3/4	27	1170	6 3/4	5 1/2	3/4	3/8	3/8	
8	280	1 1/2	3/4	18	1020	4 3/4	3 1/4	28	1170	7 1/2	5 1/2	3/4	3/8	3/8	
9	385	1 7/8	1 1/8	19	1060	4 7/8	3 1/2	29	1165	8 1/2	6 1/2	3/4	3/8	3/8	
10	485	2 1/4	1 1/2	20	1090	5 1/2	3 3/4	30	1160	8 3/4	6 1/2	3/4	3/8	3/8	
11	580	2 1/2	1 5/8	21	1110	5 3/2	3 3/4	31	1155	8 3/4	6 1/2	3/4	3/8	3/8	
12	670	2 3/4	1 3/4	22	1130	5 3/4	3 3/4	32	1143	9 1/4	6 1/2	3/4	3/8	3/8	
13	750	3 1/4	2	23	1150	6 1/4	4 1/4	35	1110	10 1/4	7 1/2	3/4	3/8	3/8	
14	820	3 1/2	2 1/4	24	1160	6 1/2	4 3/4	40	1020	11 1/4	8 1/2	3/4	3/8	3/8	
15	880	3 3/4	2 1/2	25	1160	6 1/2	5 1/4	45	920	13 3/4	9 1/2	3/4	3/8	3/8	

ESTÁNDAR AMERICANO NO. 100												CUÑERO (Estándar Americano) y OPRESOR			
No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	Diám. de Opre-sor	Min. añadido al barreno para pared de Maza adecuada en sprockets de acero		
													Diám. de Eje	Cuñero Ancho y Prof.	Opre-sor sobre Cuña
6	55	3/4	3/8	16	670	5	3 1/4	26	830	9 1/4	6 1/2	3/4	3/8	3/8	
7	125	1 1/8	3/4	17	700	5 1/2	3 3/4	27	835	9 3/2	6 1/2	3/4	3/8	3/8	
8	200	1 3/4	1 1/8	18	730	5 3/4	3 3/4	28	830	9 3/4	7 1/2	3/4	3/8	3/8	
9	275	2 1/4	1 1/4	19	755	6 1/4	4 1/4	29	830	10 1/4	7 1/2	3/4	3/8	3/8	
10	350	2 3/4	1 1/2	20	775	6 3/4	4 3/4	30	825	10 3/4	7 1/2	3/4	3/8	3/8	
11	415	2 7/8	1 5/8	21	790	7	5 1/4	31	820	11	8	3/4	3/8	3/8	
12	475	3 1/4	2 1/4	22	805	7 1/2	5 1/2	32	815	11 1/2	8 1/2	3/4	3/8	3/8	
13	535	3 3/4	2 1/2	23	815	7 3/4	5 3/4	35	790	12 3/4	9 1/2	3/4	3/8	3/8	
14	585	4 1/4	2 3/4	24	825	8 1/4	6 1/2	40	730	14 3/4	10 1/2	3/4	3/8	3/8	
15	630	4 1/2	3 1/4	25	830	8 3/4	6 3/4	45	655	16 1/2	11 1/2	3/4	3/8	3/8	

ESTÁNDAR AMERICANO NO. 40

CUÑERO (Estándar Americano) y OPRESOR

No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	Diám. de Opre-sor		Min. añadido al barreno para pared de Maza adecuada en sprockets de acero	
												Diám. de Eje	Cuñero Ancho y Prof.	Opresor sobre Cuña	Opresor en ángulo a Cuña
6	220	3/4	1/4	16	2720	1 3/4	1 1/4	26	3400	3 3/4	2 1/2	1/4	1/4		
7	510	1/2	1/4	17	2860	2 1/4	1 1/2	27	3405	3 3/4	2 1/2	1/4	1/4		
8	820	3/4	3/8	18	2980	2 1/4	1 1/2	28	3405	3 3/4	2 1/2	1/4	1/4		
9	1125	3/4	9/16	19	3080	2 3/4	1 1/2	29	3395	4 1/2	2 1/2	1/4	1/4		
10	1420	1	3/4	20	3160	2 3/4	1 1/2	30	3370	4 1/2	2 1/2	1/4	1/4		
11	1690	1 1/4	3/4	21	3230	2 3/4	1 1/2	31	3360	4 1/2	2 1/2	1/4	1/4		
12	1940	1 3/4	3/4	22	3290	2 3/4	1 1/2	32	3330	4 3/4	3	1/4	1/4		
13	2180	1 1/2	1	23	3330	3 1/2	2 1/2	35	3220	5 1/4	3 1/2	1/4	1 1/2		
14	2380	1 3/4	1 1/4	24	3360	3 1/4	2 1/4	40	2970	5 1/2	3 3/4	1/4	1 1/2		
15	2560	1 3/4	1 1/4	25	3380	3 3/4	2 1/4	45	2670	6 3/4	4 1/2	1/4	1 1/2		

ESTÁNDAR AMERICANO NO. 50

CUÑERO (Estándar Americano) y OPRESOR

No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	Diám. de Opre-sor		Min. añadido al barreno para pared de Maza adecuada en sprockets de acero	
												Diám. de Eje	Cuñero Ancho y Prof.	Opresor sobre Cuña	Opresor en ángulo a Cuña
6	155	3/4	1/4	16	1960	2 3/4	1 1/2	26	2445	4 3/4	2 3/4	1/4	1/4		
7	370	3/4	3/8	17	2060	2 1/4	1 1/2	27	2450	4 1/4	3 1/4	1/4	1/4		
8	590	3/4	3/8	18	2150	2 3/4	1 1/2	28	2445	4 1/4	3 1/4	1/4	1/4		
9	810	1 1/4	1/2	19	2220	3 3/4	2 1/2	29	2440	5 1/4	3 3/4	1/4	1/4		
10	1020	1 1/4	1/2	20	2280	3 3/4	2 1/2	30	2430	5 1/4	3 3/4	1/4	1/4		
11	1220	1 3/4	1/2	21	2330	3 3/4	2 1/2	31	2415	5 1/4	3 3/4	1/4	1/4		
12	1400	1 3/4	1 1/4	22	2370	3 1/4	2 1/2	32	2395	5 1/4	3 1/2	1/4	1 1/2		
13	1570	1 1/2	1 1/4	23	2400	3 3/4	2 1/2	35	2320	6 1/2	4 1/2	1/4	1 1/2		
14	1720	2 1/4	1 1/2	24	2420	4 1/4	2 1/2	40	2140	7 1/2	5 1/2	1/4	1 1/2		
15	1850	2 3/4	1 1/2	25	2440	4 3/4	2 1/2	45	1930	8 3/4	6 1/2	1/4	1 1/2		

ESTÁNDAR AMERICANO NO. 60

CUÑERO (Estándar Americano) y OPRESOR

No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	Diám. de Opre-sor		Min. añadido al barreno para pared de Maza adecuada en sprockets de acero	
												Diám. de Eje	Cuñero Ancho y Prof.	Opresor sobre Cuña	Opresor en ángulo a Cuña
6	120	3/4	1/4	16	1480	2 3/4	1 1/2	26	1840	5 3/4	3 3/4	1/4	1/4		
7	275	3/4	1/2	17	1550	3 1/2	2 1/2	27	1845	5 1/2	3 3/4	1/4	1/4		
8	445	1 1/2	3/8	18	1610	3 3/4	2 1/2	28	1840	5 1/2	3 3/4	1/4	1/4		
9	610	1 3/4	1/2	19	1670	3 3/4	2 1/2	29	1835	6 1/4	4 1/2	1/4	1/4		
10	770	1 3/4	1	20	1720	3 3/4	2 1/2	30	1830	6 1/4	4 1/2	1/4	1/4		
11	920	1 3/4	1 1/4	21	1750	4 1/2	2 1/2	31	1815	6 1/2	4 1/2	1/4	1 1/2		
12	1050	2 1/4	1 1/4	22	1780	4 1/2	2 1/2	32	1800	6 3/4	5 1/2	1/4	1 1/2		
13	1180	2 1/4	1 1/2	23	1800	4 3/4	3 1/4	35	1740	7 3/4	5 1/2	1/4	1 1/2		
14	1290	2 1/2	1 1/2	24	1820	4 3/4	3 1/4	40	1610	8 1/2	6 1/2	1/4	1 1/2		
15	1390	2 1/2	1 1/2	25	1830	5 1/2	3 1/2	45	1450	9 1/2	7 1/2	1/4	1 1/2		

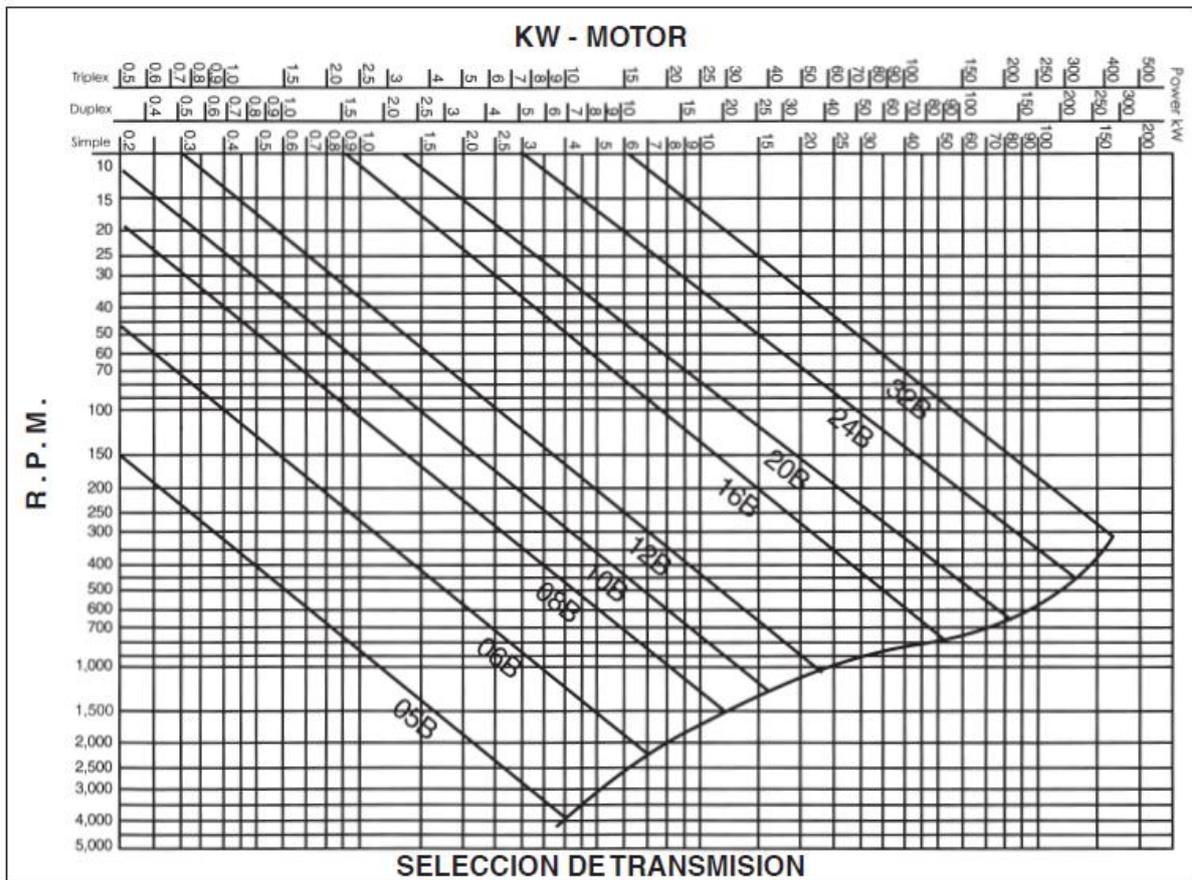
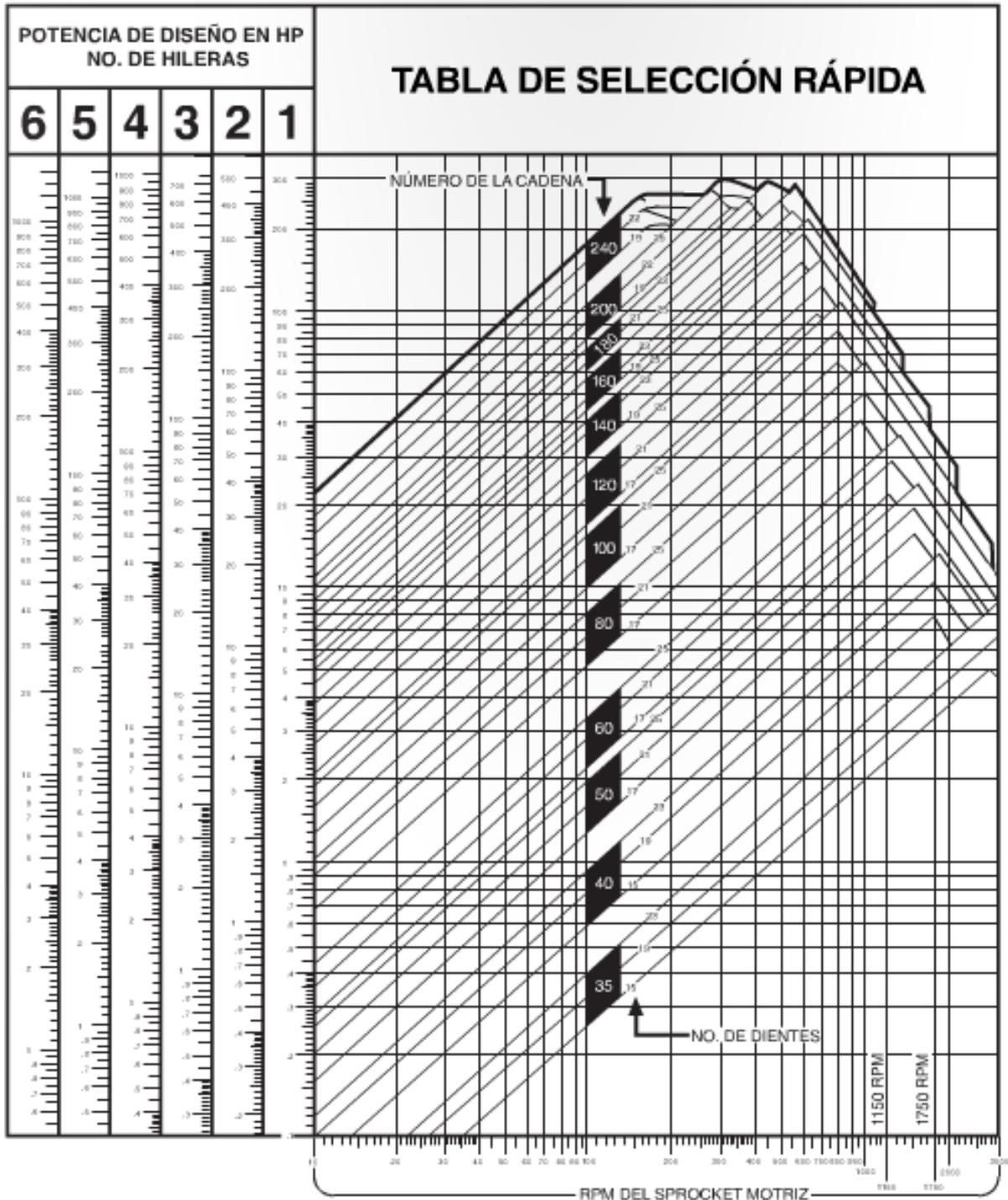


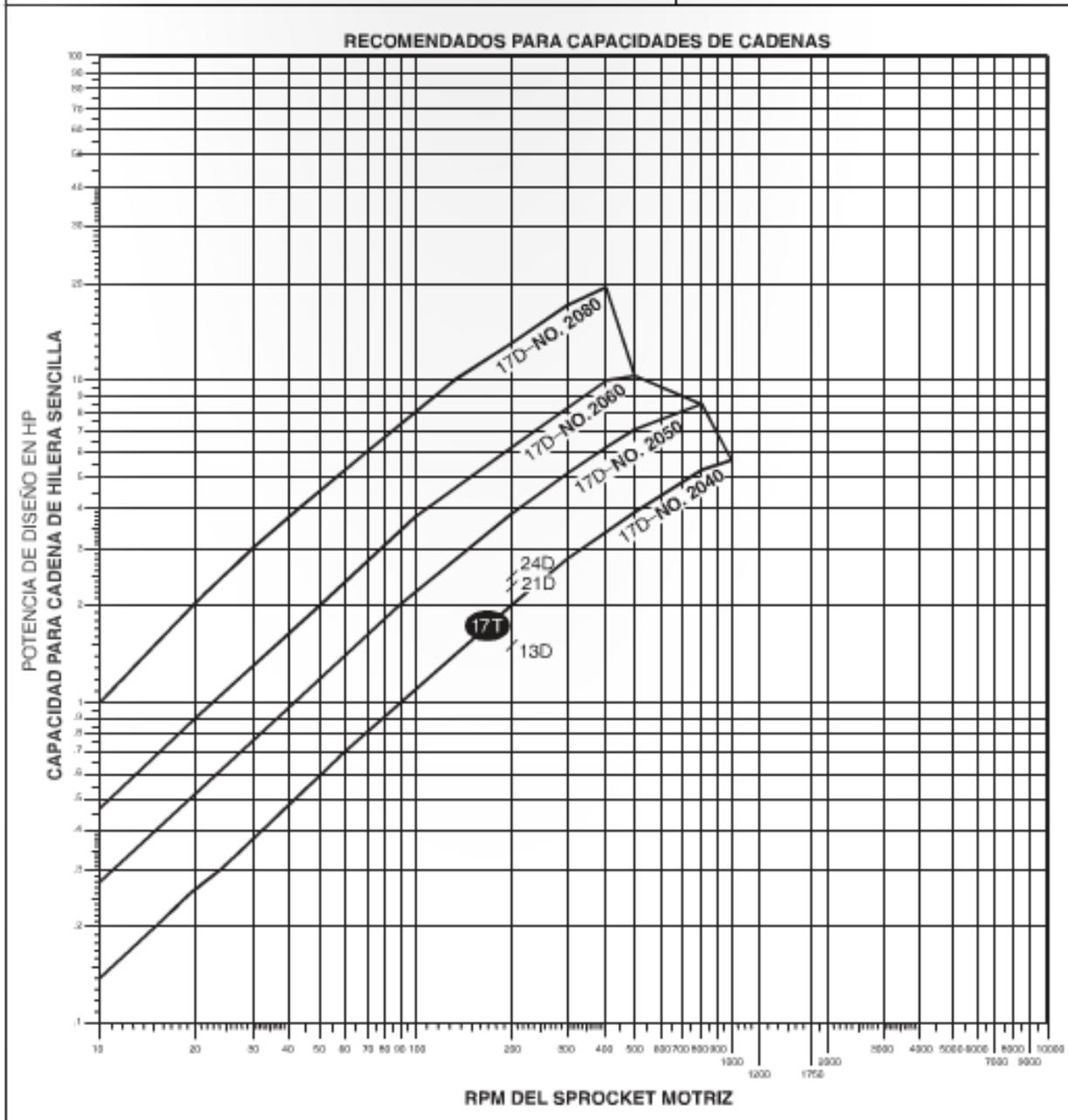
Tabla de Potencia HP



CADENA DE DOBLE PASO

Las Líneas Inclinadas Representan la capacidad de Potencia en HP para Cadenas con Sprockets de 17 dientes.

TABLA DE SELECCIÓN RÁPIDA

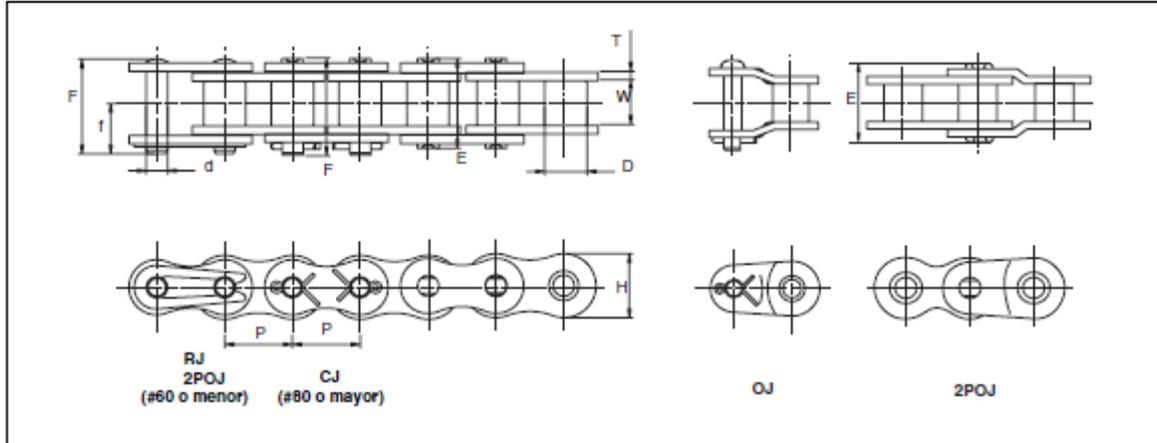


APENDICE D

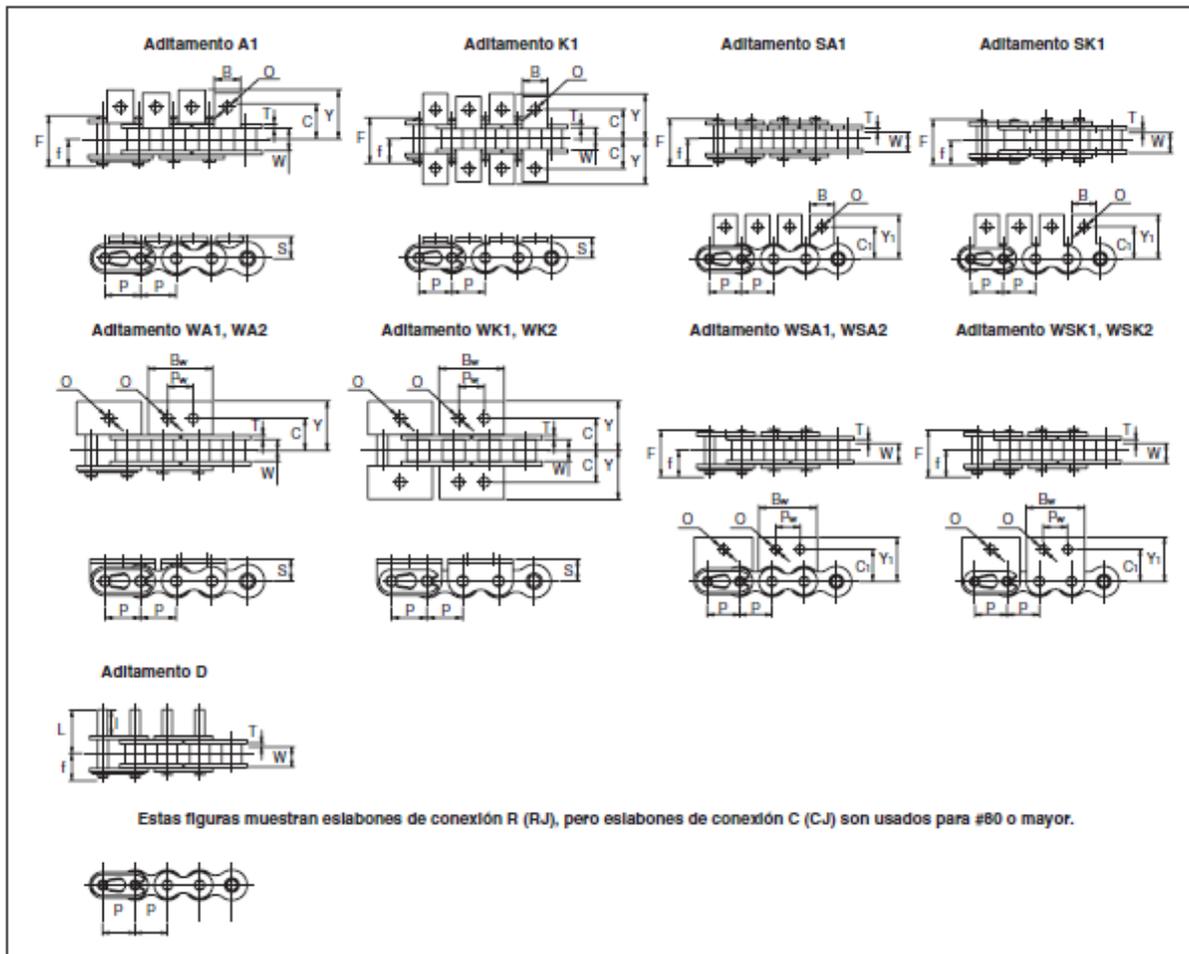
- Estructura y dimensionamiento de cadenas estándares de paso simple y de doble paso.

D.I.D Cadena estándar de rodillos (con aditamento)

Estructura de la cadena



Aditamento



Cadena estándar de rodillos (con aditamento)



Dimensiones de la cadena

Unidades (mm)

Cadena No.	Paso P	Ancho del rodillo W	Diá. del rodillo (bujes) D	Pasador				Placa		Resistencia promedio a tensión kN	Carga Máx. permisible kN	Peso aproximado sin aditamentos (kg/m)
				d	E	F	f	T	H			
*DID 25	6.35	3.18	(3.30)	2.31	7.8	8.50	4.7	0.72	5.9	4.02	0.63	0.13
*DID 35	9.525	4.78	(5.08)	3.59	12.0	13.1	7.3	1.25	9.0	9.31	1.47	0.32
DID 41	12.70	6.38	7.77	3.59	13.7	14.6	7.9	1.20	9.6	10.1	1.67	0.39
DID 40	12.70	7.95	7.92	3.97	16.5	17.6	9.5	1.50	12.0	16.6	2.64	0.63
DID 50	15.875	9.53	10.16	5.09	20.3	21.9	11.6	2.00	15.0	27.9	4.41	1.06
DID 60	19.05	12.70	11.91	5.96	25.4	26.9	14.3	2.40	18.1	40.2	6.37	1.44
DID 80	25.40	15.88	15.88	7.94	32.6	35.4	19.0	3.20	24.0	78.4	10.7	2.55
DID 100	31.75	19.05	19.05	9.54	39.5	42.5	22.7	4.00	29.9	118	17.1	3.79
DID 120	38.10	25.40	22.23	11.11	49.7	53.0	28.2	4.80	35.9	166	24.5	5.49
DID 140	44.45	25.40	25.40	12.71	53.6	58.4	31.7	5.60	41.9	215	32.3	7.11
DID 160	50.80	31.75	28.58	14.29	63.6	68.2	36.5	6.40	47.8	269	41.2	9.82
DID 200	63.50	38.10	39.68	19.85	77.9	85.0	46.0	8.00	60.0	470	68.6	16.5

Dimensiones del aditamento

Cadena No.	Paso P	Aditamento A1, K1			Aditamento SA1, SK1		Dimensiones comunes			Aditamento D		Peso adicional aproximado por aditamento (kg)		
		C	Y	S	CI	YI	B	O	I	L	A,SA	K,SK	D	
*DID 25	6.35	7.15	10.7	4.76	7.94	11.50	5.56	3.4	6.00	9.2	0.0003	0.0006	0.00002	
*DID 35	9.525	9.52	14.4	6.35	9.52	14.70	7.94	3.5	9.52	14.6	0.001	0.002	0.0009	
DID 41	12.70	11.91	17.5	7.14	12.30	17.50	9.53	3.5	9.52	15.4	0.0015	0.003	0.0009	
DID 40	12.70	12.70	17.6	7.92	12.70	17.50	9.53	3.5	9.52	16.8	0.002	0.004	0.001	
DID 50	15.875	15.88	23.0	10.31	15.88	22.60	12.70	5.2	11.91	21.0	0.003	0.006	0.002	
DID 60	19.05	19.05	27.0	11.91	18.26	26.20	15.88	5.2	14.27	25.7	0.006	0.012	0.003	
DID 80	25.40	25.40	34.9	15.88	24.61	34.05	19.05	6.8	19.05	33.9	0.011	0.022	0.007	
DID 100	31.75	31.75	43.3	19.84	31.75	42.75	25.40	8.7	23.83	41.9	0.024	0.048	0.012	
DID 120	38.10	38.10	53.2	23.01	36.53	50.30	28.58	10.3	28.58	51.4	0.037	0.074	0.02	
DID 140	44.45	44.45	61.9	28.58	44.45	62.40	34.92	12.3	33.32	57.8	0.068	0.136	0.03	
DID 160	50.80	50.80	69.9	31.75	50.80	68.10	38.10	14.3	38.10	67.4	0.091	0.182	0.045	
DID 200	63.50	63.50	90.0	42.87	63.50	84.50	47.60	17.0	47.62	83.4	0.186	0.372	0.106	

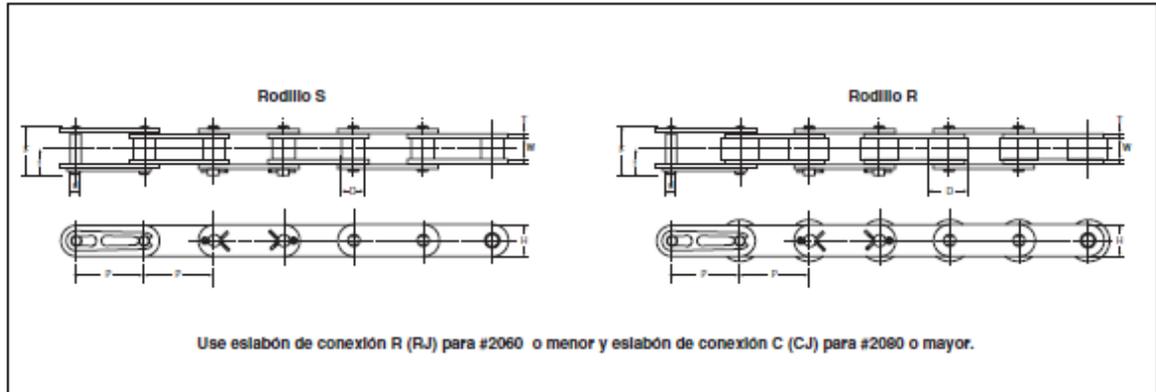
Dimensiones del aditamento ancho

Cadena No.	Paso P	Aditamento WA1, WA2, WK1, WK2			Aditamento WSA1, WSA2, WSK1, WSK2		Dimensiones comunes			Peso adicional aproximado por aditamento (kg)	
		C	Y	S	CI	YI	O	Bw	Pw	WA,WSA	WK,WSK
DID 40	12.70	12.70	17.6	7.92	12.70	17.5	4.5	23.0	9.5	0.003	0.006
DID 50	15.875	15.88	23.0	10.31	15.88	22.6	5.5	28.8	11.9	0.007	0.014
DID 60	19.05	19.05	27.0	11.91	18.26	26.2	6.6	34.6	14.3	0.012	0.024
DID 80	25.40	25.40	34.9	15.88	24.61	34.1	9.0	46.1	19.1	0.026	0.052
DID 100	31.75	31.75	43.3	19.84	31.75	42.8	11.0	57.8	23.8	0.051	0.102

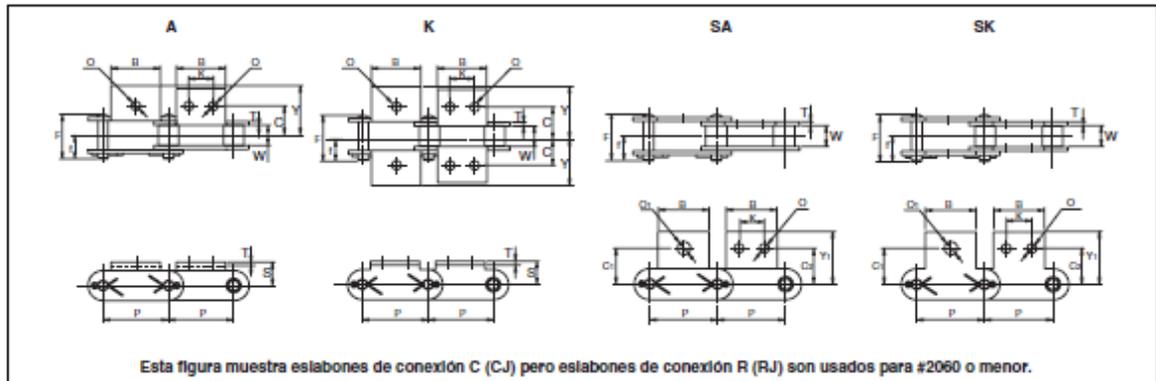
Nota: 1. Aquellas marcadas con * son cadenas con buje.

2. Los valores de resistencia promedio a la tensión y máxima carga permisible son para el cuerpo de la cadena (aditamentos no incluidos).

Estructura de la cadena



Aditamento



[Tipo de indicación]

Indica que el espesor de la placa es mayor en un tamaño, es decir, igual al espesor de las placas correspondientes a DID100. Si no hay símbolo, el espesor es igual al de las placas correspondientes a DID80.

DID C 2 082 H

082 indica que la base es DID80, y que tiene Rodillos de diámetro exterior mayor (Rodillos R). En el caso de rodillos regulares, 080 sería indicado aquí.

Indica que es una cadena de doble paso.

Indica que la cadena es para un sistema transportador.

Indicación de que la cadena es un producto de DAIDO.

Cadenas de doble paso (con aditamento)



Dimensiones del cuerpo de la cadena

Cadena No.	Paso P	Ancho del rodillo W	Día. del rodillo (bujía) D	Pasador			Placa		Resistencia promedio a tensión kN	Carga máx. permisible kN	Peso aprox. sin aditamento (kg)
				d	F	f	T	H			
DID C2040	25.40	7.95	7.92	3.97	17.6	9.5	1.5	11.7	17.0	2.64	0.49
DID C2042			15.88								0.86
DID C2050	31.75	9.53	10.16	5.09	21.9	11.6	2.0	15.1	28.7	4.41	0.84
DID C2052			19.05								1.32
DID C2060H	38.10	12.70	11.91	5.96	30.1	16.1	3.2	17.2	40.2	6.47	1.45
DID C2062H			22.23								2.17
DID C2080H	50.80	15.88	15.88	7.94	38.7	20.6	4.0	23.3	68.6	11.2	2.46
DID C2082H			28.58								3.53
DID C2100H	63.50	19.05	19.05	9.54	45.8	24.4	4.8	28.8	112	18.6	3.60
DID C2102H			39.68								5.81
DID C2120H	76.20	25.40	22.23	11.11	56.5	29.9	5.6	33.8	156	25.5	5.09
DID C2122H			44.45								8.09
DID C2160H	101.60	31.75	28.58	14.29	71.6	38.2	7.1	47.4	259	42.1	8.91
DID C2162H			57.15								13.60

Nota: Los valores de resistencia promedio a la tensión y máxima carga permisible son para el cuerpo de la cadena (aditamentos no incluidos).

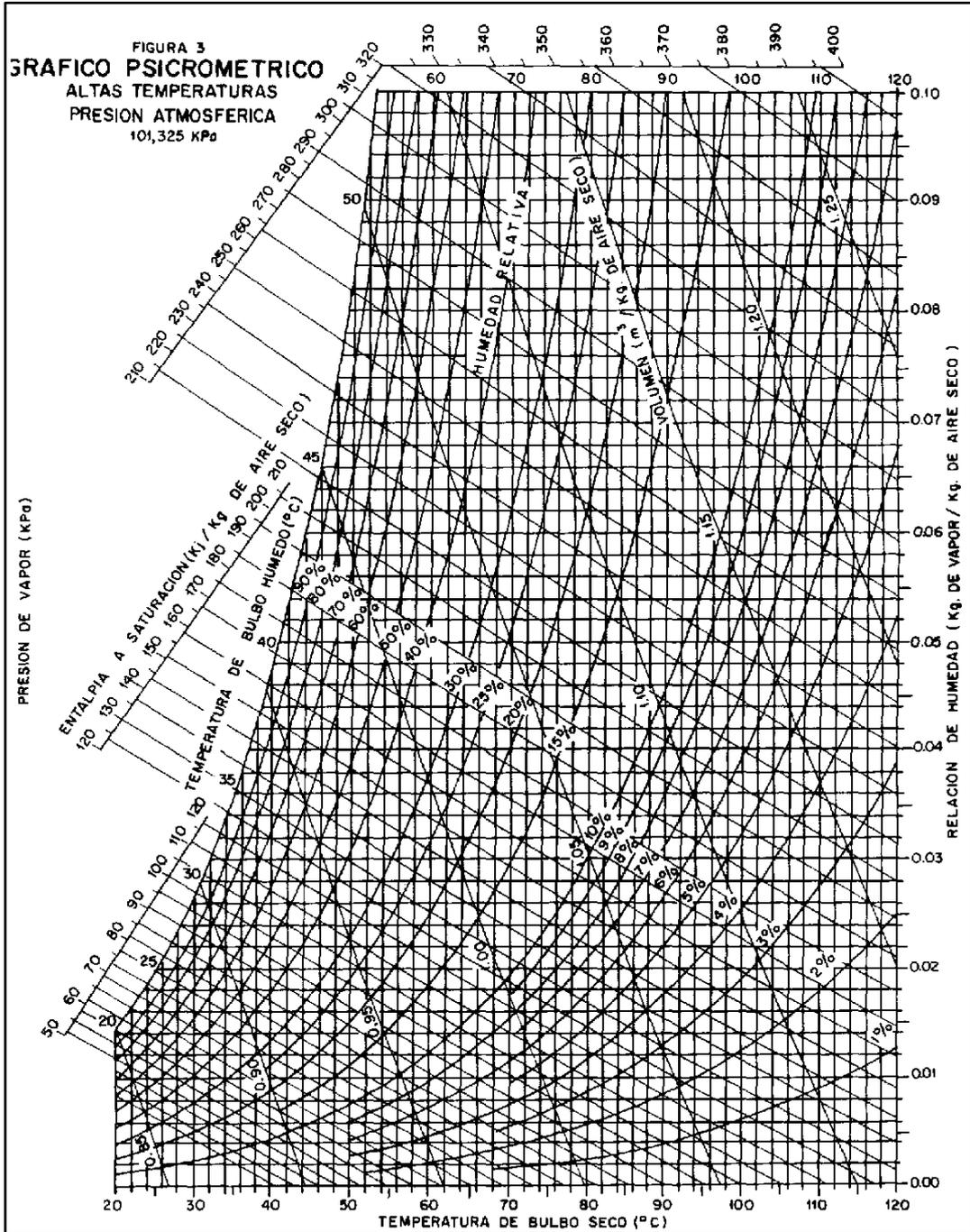
Dimensiones del aditamento

Cadena No.	Paso P	Aditamento											Peso adicional aproximado por aditamento	
		S	C	Y	Y1	C1	C2	K	B	O	O1	T	A,SA	K,SK
DID C2040	25.40	9.13	12.70	19.4	19.8	11.11	13.50	9.53	19.1	3.5	5.2	1.5	0.003	0.006
DID C2042														
DID C2050	31.75	11.11	15.88	24.4	24.6	14.29	15.88	11.91	23.8	5.2	6.8	2.0	0.006	0.012
DID C2052														
DID C2060H	38.10	14.68	21.43	33.3	30.6	17.46	19.05	14.29	28.6	5.2	8.7	3.2	0.016	0.032
DID C2062H														
DID C2080H	50.80	19.05	27.78	40.8	40.5	22.23	25.40	19.05	38.1	6.8	10.3	4.0	0.034	0.068
DID C2082H														
DID C2100H	63.50	23.42	33.34	51.6	50.4	28.58	31.75	23.81	47.6	8.7	14.3	4.8	0.064	0.128
DID C2102H														
DID C2120H	76.20	27.78	39.69	62.9	59.9	33.34	37.31	28.58	57.1	10.3	16.0	5.6	0.108	0.216
DID C2122H														
DID C2160H	101.60	36.51	52.39	79.0	78.6	44.45	50.80	38.10	76.2	14.3	22.0	7.1	0.246	0.492
DID C2162H														

Nota: Los aditamentos con un agujero se indican como SA1, SK1, A1, K1; los que tienen dos, como SA2, SK2, A2, K2.

APENDICE E

- Carta psicométrica

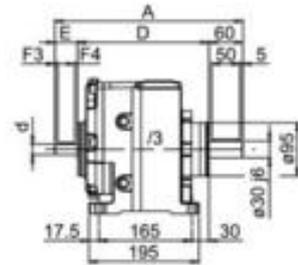
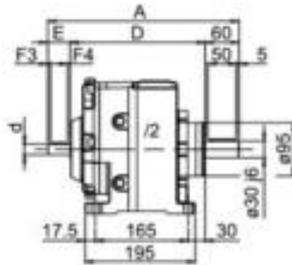
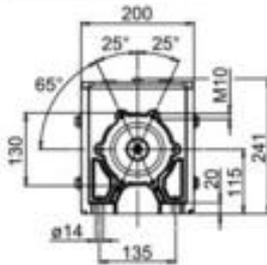


APENDICE F

- Características de los reductores SITI

NHL 30/3							Albero lento / Output shaft / Abtriebswelle Arbre petite vitesse / Eje lento / Eixo de saída					D = 30 mm		MNHL 30/3		
i	n ₁	n ₂	M ₂	kW ₁	HP ₁	RD	i	n ₁	n ₂	M ₂	kW ₁	HP ₁	RD	sf		
57,9	2800	48,4	263	1,39	1,89	0,955	57,9	2800	48,4	283	1,5	2	0,955	0,93		
69,16		40,5	263	1,17	1,58	0,955	69,16		40,5	338	1,5	2	0,955	0,78		
83,24		33,6	263	0,97	1,32	0,955	83,24		33,6	298	1,1	1,5	0,955	0,88		
101,33		27,6	263	0,80	1,08	0,955	101,33		27,6	248	0,75	1	0,955	1,06		
116,57		24,0	263	0,69	0,94	0,955	116,57		24,0	285	0,75	1	0,955	0,92		
135,39		20,7	263	0,60	0,81	0,955	135,39		20,7	243	0,55	0,75	0,955	1,08		
159,24		17,6	263	0,51	0,69	0,955	159,24		17,6	285	0,55	0,75	0,955	0,92		
190,42		14,7	263	0,42	0,58	0,955	190,42		14,7	229	0,37	0,5	0,955	1,14		
228,99		12,2	263	0,35	0,48	0,955	228,99		12,2	276	0,37	0,5	0,955	0,95		
260,57		10,7	263	0,31	0,42	0,955	260,57		10,7	212	0,25	0,34	0,955	1,24		
296,76		9,4	263	0,27	0,37	0,955	296,76		9,4	242	0,25	0,34	0,955	1,08		
360,46		7,8	263	0,22	0,30	0,955	360,46		7,8	294	0,25	0,34	0,955	0,89		
410,16	6,8	263	0,20	0,27	0,955	410,16	6,8	241	0,18	0,25	0,955	1,09				
466,86	6,0	263	0,17	0,23	0,955	466,86	6,0	274	0,18	0,25	0,955	0,96				
57,9	1400	24,2	350	0,93	1,26	0,955	57,9	1400	24,2	283	0,75	1	0,955	1,24		
69,16		20,2	350	0,78	1,06	0,955	69,16		20,2	338	0,75	1	0,955	1,04		
83,24		16,8	350	0,65	0,88	0,955	83,24		16,8	407	0,75	1	0,955	0,86		
101,33		13,8	350	0,53	0,72	0,955	101,33		13,8	363	0,55	0,75	0,955	0,96		
116,57		12,0	350	0,46	0,63	0,955	116,57		12,0	418	0,55	0,75	0,955	0,84		
135,39		10,3	350	0,40	0,54	0,955	135,39		10,3	326	0,37	0,5	0,955	1,07		
159,24		8,8	350	0,34	0,46	0,955	159,24		8,8	384	0,37	0,5	0,955	0,91		
190,42		7,4	350	0,28	0,38	0,955	190,42		7,4	310	0,25	0,34	0,955	1,13		
228,99		6,1	350	0,23	0,32	0,955	228,99		6,1	373	0,25	0,34	0,955	0,94		
260,57		5,4	350	0,21	0,28	0,955	260,57		5,4	424	0,25	0,34	0,955	0,82		
296,76		4,7	350	0,18	0,25	0,955	296,76		4,7	349	0,18	0,25	0,955	1,00		
360,46		3,9	350	0,15	0,20	0,955	360,46		3,9	423	0,18	0,25	0,955	0,83		
410,16	3,4	350	0,13	0,18	0,955	410,16	3,4	321	0,12	0,16	0,955	1,09				
466,86	3,0	350	0,12	0,16	0,955	466,86	3,0	365	0,12	0,16	0,955	0,96				
57,9	900	15,5	385	0,66	0,89	0,955	57,9	900	15,5	323	0,55	0,75	0,955	1,19		
69,16		13,0	385	0,55	0,75	0,955	69,16		13,0	385	0,55	0,75	0,955	1,00		
83,24		10,8	385	0,46	0,62	0,955	83,24		10,8	464	0,55	0,75	0,955	0,83		
101,33		8,9	385	0,38	0,51	0,955	101,33		8,9	380	0,37	0,5	0,955	1,01		
116,57		7,7	385	0,33	0,44	0,955	116,57		7,7	437	0,37	0,5	0,955	0,88		
135,39		6,6	385	0,28	0,38	0,955	135,39		6,6	508	0,37	0,5	0,955	0,76		
159,24		5,7	385	0,24	0,32	0,955	159,24		5,7	403	0,25	0,34	0,955	0,95		
190,42		4,7	385	0,20	0,27	0,955	190,42		4,7	347	0,18	0,25	0,955	1,11		
228,99		3,9	385	0,17	0,23	0,955	228,99		3,9	418	0,18	0,25	0,955	0,92		
260,57		3,5	385	0,15	0,20	0,955	260,57		3,5	317	0,12	0,16	0,955	1,22		
296,76		3,0	385	0,13	0,17	0,955	296,76		3,0	362	0,12	0,16	0,955	1,06		
360,46		2,5	385	0,11	0,14	0,955	360,46		2,5	438	0,12	0,16	0,955	0,88		
410,16	2,2	385	0,09	0,13	0,955	410,16	2,2	374	0,09	0,12	0,955	1,03				
466,86	1,9	385	0,08	0,11	0,955	466,86	1,9	426	0,09	0,12	0,955	0,90				

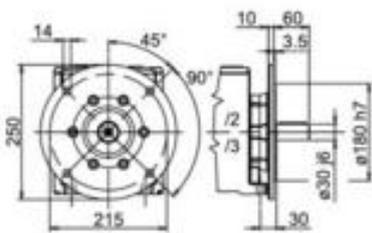
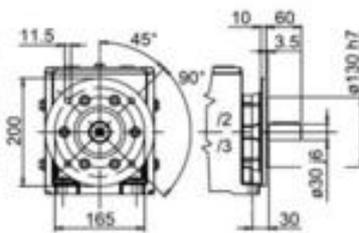
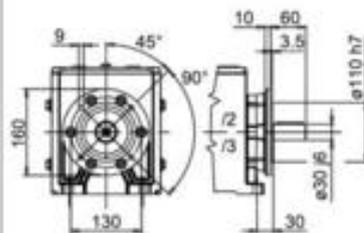
NHL 30



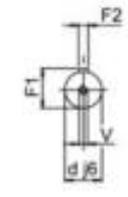
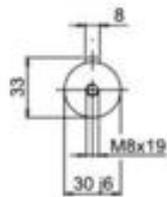
Flangia Riportata
Bride modulaire

Modular Flange
Bride modular

Eingebauter Flansch
Flange modular



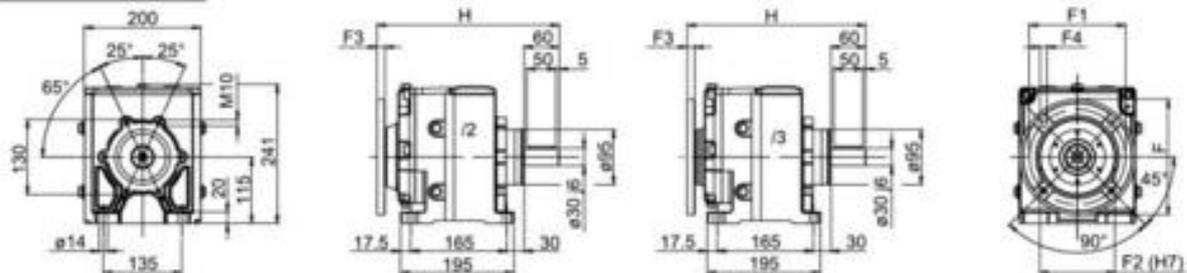
Albero uscita (1)
Output shaft
Abtriebswelle
Arbre sortie
Eje salida
Eixo saída



Albero entrata
Input shaft
Antriebswelle
Arbre entrée
Eje entrada
Eixo entrada

30/2 - 30/3	A	D	E	d	F1	F2	F3	F4	V
/2	339	239	40	19	21,5	6	5	30	M5
/2 F-160	339	239	40	19	21,5	6	5	30	M5
/2 F-200	339	239	40	19	21,5	6	5	30	M5
/2 F-250	339	239	40	19	21,5	6	5	30	M5
/3	333	233	40	19	21,5	6	5	30	M5
/3 F-160	333	233	40	19	21,5	6	5	30	M5
/3 F-200	333	233	40	19	21,5	6	5	30	M5
/3 F-250	333	233	40	19	21,5	6	5	30	M5

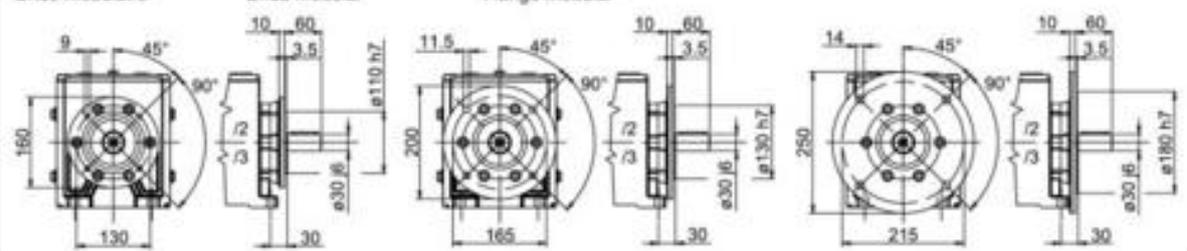
MNHL 30 PAM



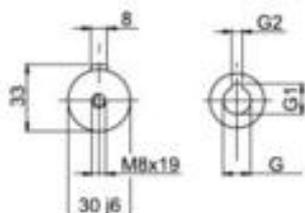
Flangia Riportata
Bride modulaire

Modular Flange
Brida modular

Eingebauter Flansch
Flange modular



Albero uscita (1)
Output shaft
Abtriebswelle
Arbre sortie
Eje salida
Eixo saída

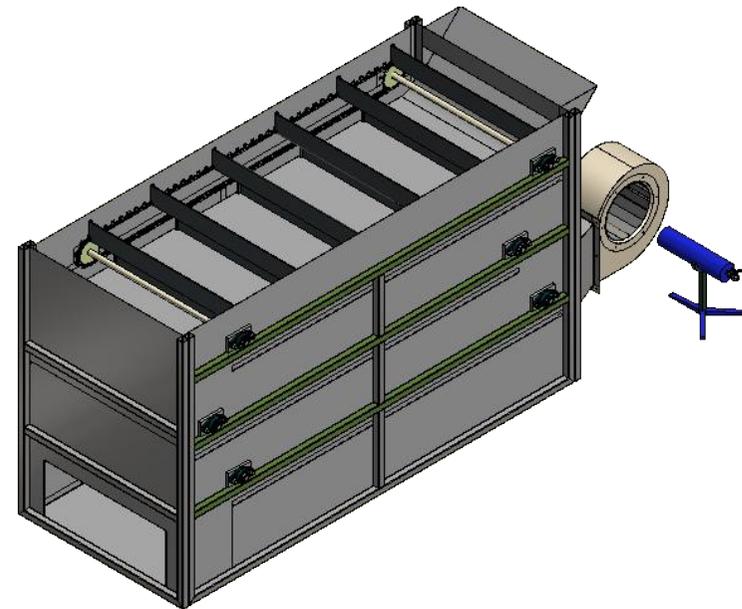
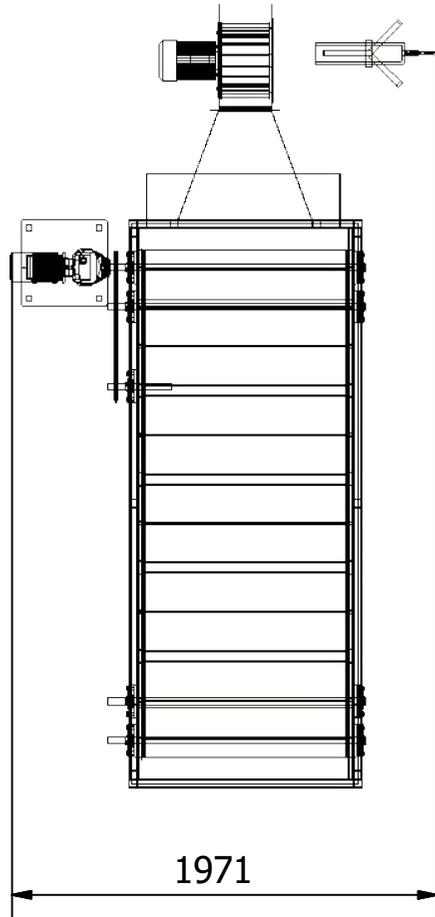
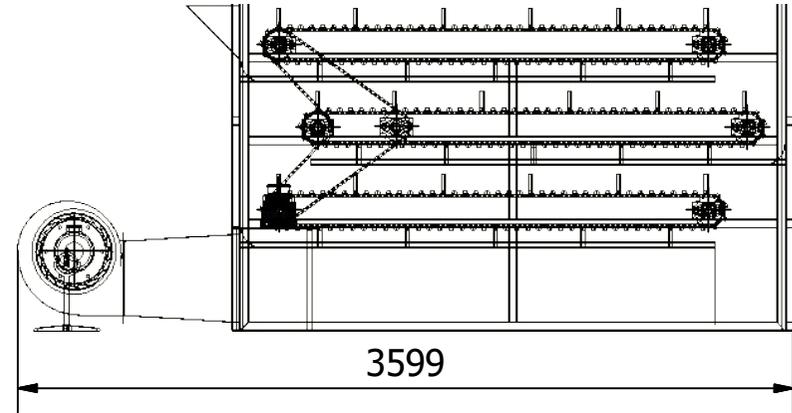
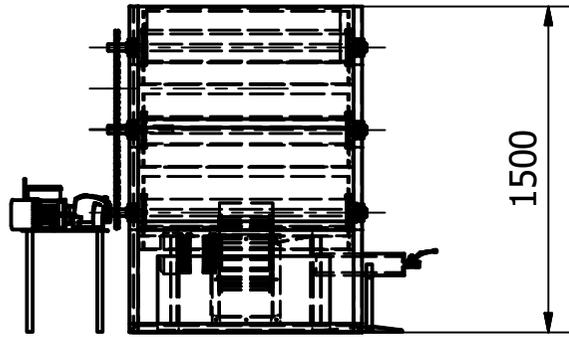


Albero entrata
Input shaft
Antriebswelle
Arbre entrée
Eje entrada
Eixo entrada

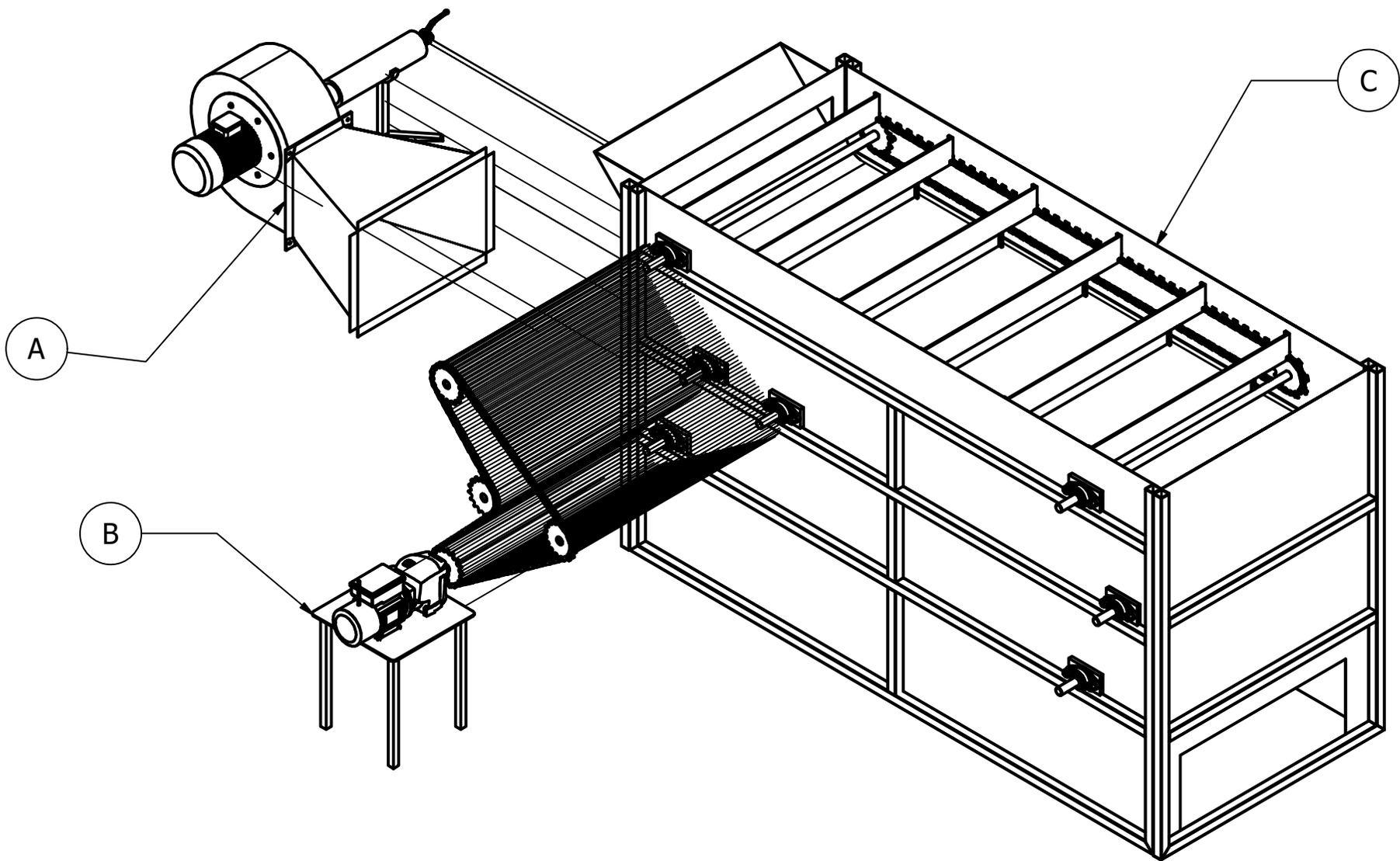
30/2 - 30/3	G	G1	G2	F	F1	F2	F3	F4	H
/2 ... 71 B5	14	16,3	5	160	130	110	10	9	317
/2F ... 71 B5									
/2 ... 80 B5	19	21,8	6	200	165	130	11	11	311
/2F ... 80 B5									
/2 ... 90 B5	24	27,3	8	200	165	130	11	11	311
/2F ... 90 B5									
/2 ... 100-112 B5	28	31,3	8	250	215	180	13	13	311
/2F ... 100-112 B5									
/3 ... 56 B5	9	10,4	3	120	100	80	8	7	318
/3F ... 56 B5									
/3 ... 63 B5	11	12,8	4	140	115	95	12	9	317
/3F ... 63 B5									
/3 ... 71 B5	14	16,3	5	160	130	110	10,5	9	316
/3F ... 71 B5									
/3 ... 80 B5	19	21,8	6	200	165	130	10,5	11	300
/3F ... 80 B5									

i	30/2 PAM		
2,25	90	100	112
3,08	90	100	112
3,63	90	100	112
4,72	90	100	112
5,43	90°	100°	112°
6,34	90°	100°	112°
7,43	90°	100°	112°
8,76	90°	100°	112°
9,97	90°	100°	112°
11,43	90°	100°	112°
13,21	90°	100°	112°
15,43	90°	100°	
18,29	80°	90°	100°
20,69	80°	90°	100°
23,66	80°	90°	100°
27,43	71°	80°	90°
32,35	71°	80°	90°
38,65	71°	80°	90°
43,43	71°	80°	90°
48,76	71°	80°	90°

i	30/3 PAM	
57,9	71°	80°
69,16	71°	80°
83,24	63	71° 80°
101,33	63	71° 80°
116,57	63	71° 80°
135,39	63	71° 80°
159,24	56	63 71°
190,42	56	63 71°
228,99	56	63 71°
260,57	56	63 71°
296,76	56	63
360,46	56	63
410,16	56	63
466,86	56	63

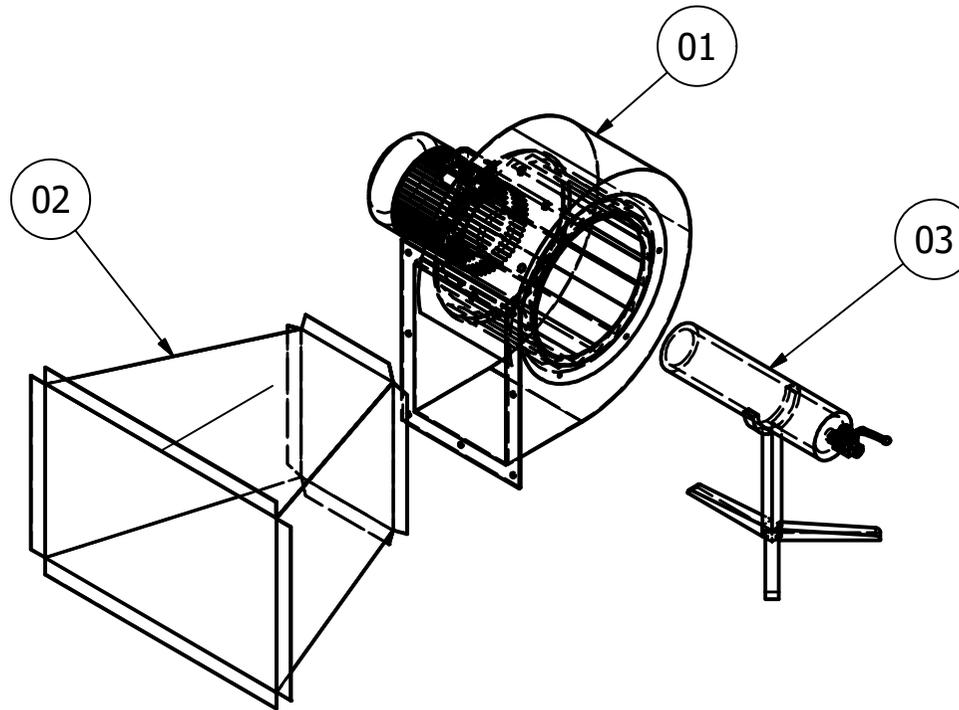


Designed by TORRES - GONZALEZ	Checked by ING. MARTINEZ	Approved by ING. MARTINEZ	Date 01/02/2016	Date 01/02/2016
ESPOL		SECADOR DE CACAO		
		DIMENSIONES PRINCIPALES		Edition Sheet 1 / 8



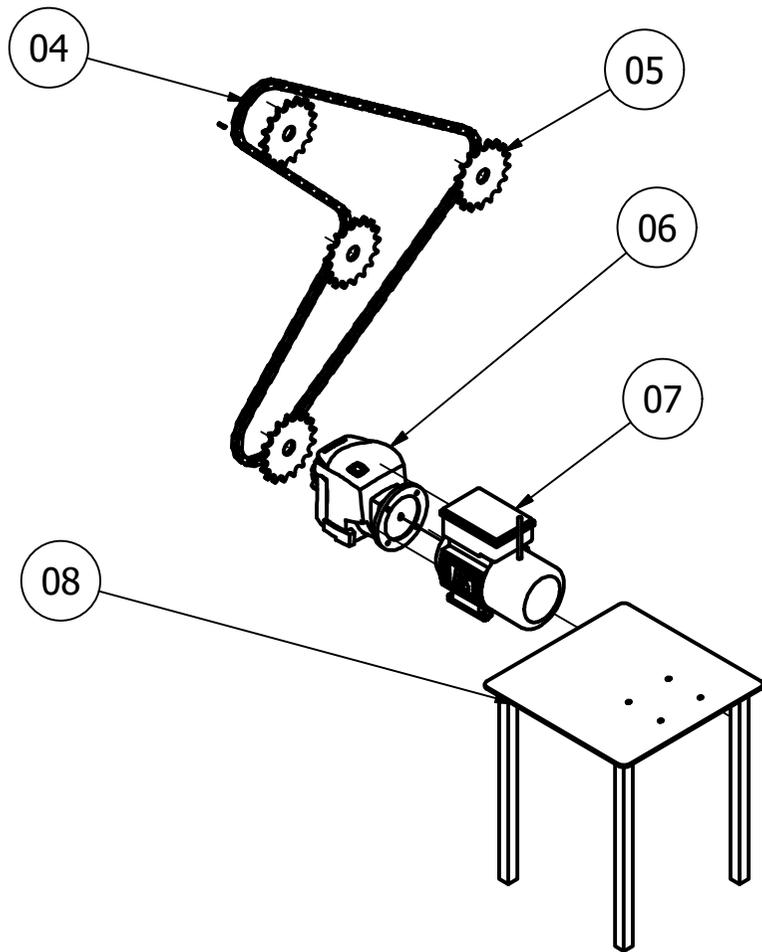
PARTES PRINCIPALES	
PARTE	DESCRIPCION
A	SISTEMA DE SECADO
B	CONJUNTO MOTRIZ
C	CAMARA DE SECADO

Designed by TORRES - GONZALEZ	Checked by ING. MARTINEZ	Approved by ING. MARTINEZ	Date 01/02/2016	Date 01/02/2016
ESPOL		SECADOR DE CACAO		
		PARTES PRINCIPALES	Edition	Sheet 2 / 8



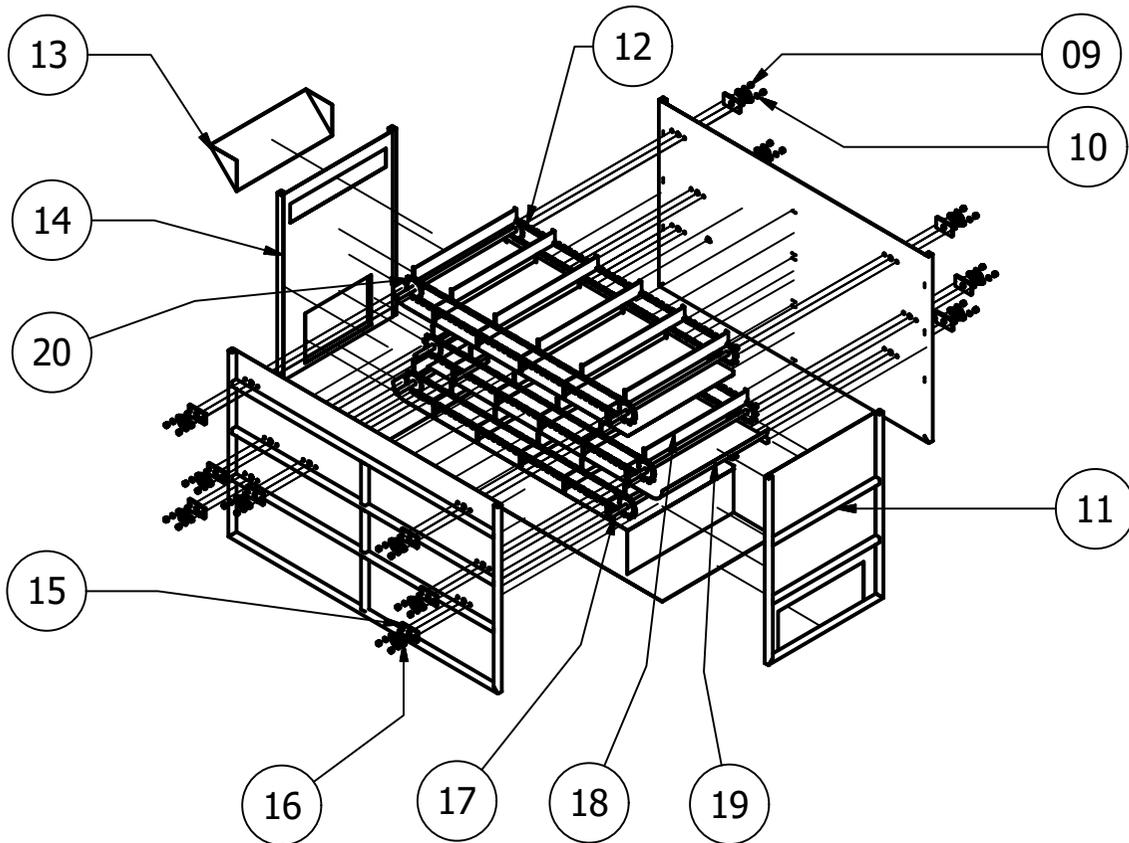
SISTEMA DE SECADO		
ITEM	NOMBRE	DESCRIPCION
01	VENTILADOR CENTRIFUGO	VENTILADOR SODECA CB-1733-4T-1,5
02	DIFUSOR	ACERO GALVANIZADO 2 mm
03	QUEMADOR	QUEMADOR DE GLP, CAPACIDAD 23146 kcal

Designed by TORRES - GONZALEZ	Checked by ING. MARTINEZ	Approved by ING. MARTINEZ	Date 01/02/2016	Date 01/02/2016
ESPOL		SECADOR DE CACAO		
		SISTEMA DE SECADO	Edition	Sheet 3 / 8



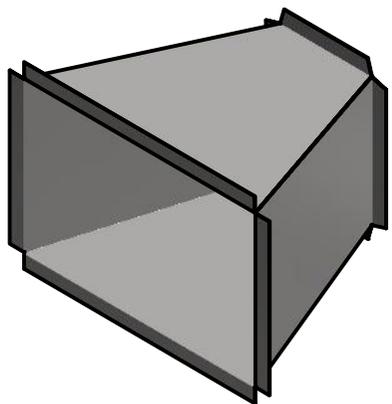
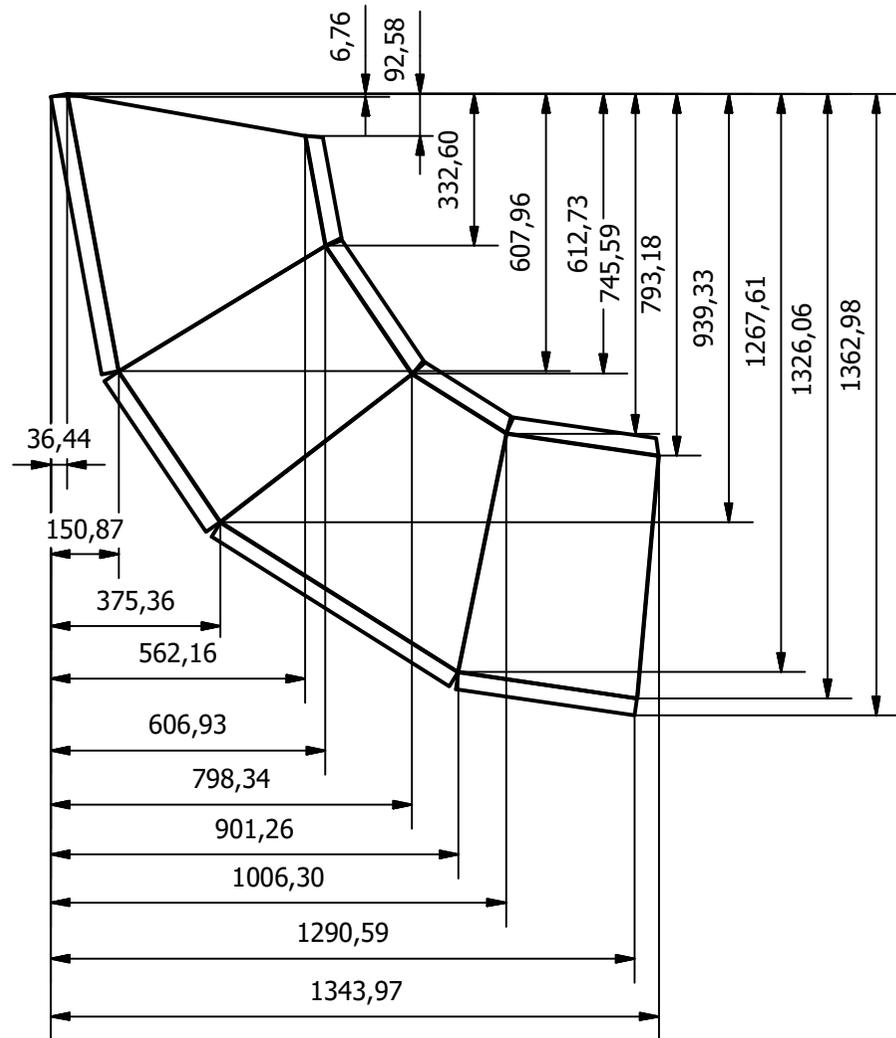
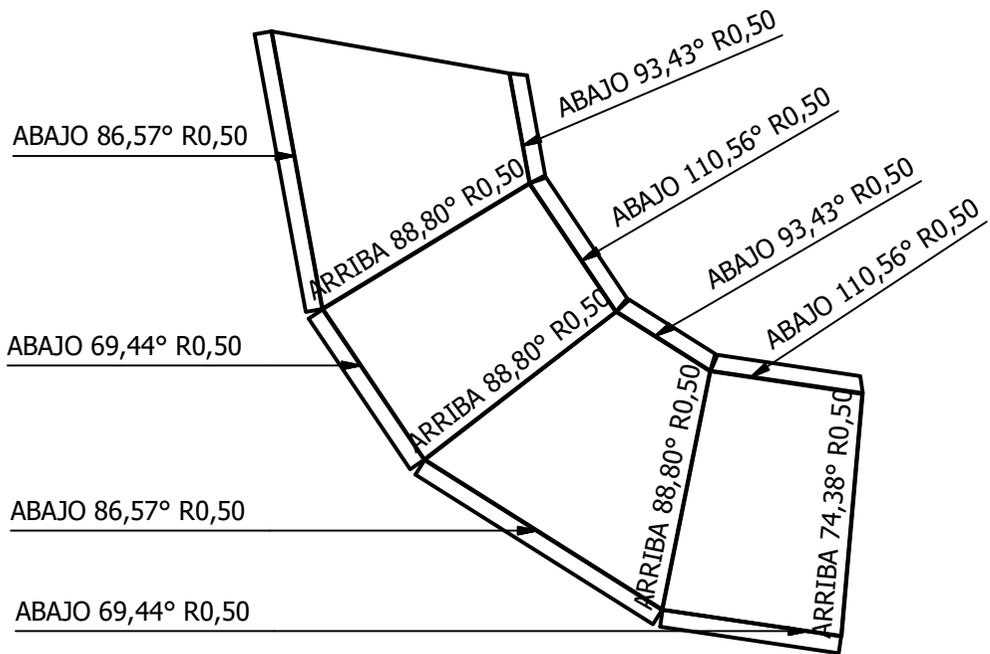
CONJUNTO MOTRIZ		
ITEM	NOMBRE	DESCRIPCION
04	CADENA	CADENA DE RODILLOS #40
05	PINON	PINON TIPO A DE 17 DIENTES
06	REDUCTOR	REDUCTOR SITI LINEAL, $i=58$
07	MOTOR	SIEMENS, 0.5 HP, TRIFASICO
08	SOPORTE	SOPORTE DE MOTOR DE 470 ALTO X 400 ANCHO X 370 PROFUNDIDAD

Designed by TORRES - GONZALEZ	Checked by ING. MARTINEZ	Approved by ING. MARTINEZ	Date 01/02/2016	Date 01/02/2016
ESPOL		SECADOR DE CACAO		
		CONJUNTO MOTRIZ	Edition	Sheet 4 / 8

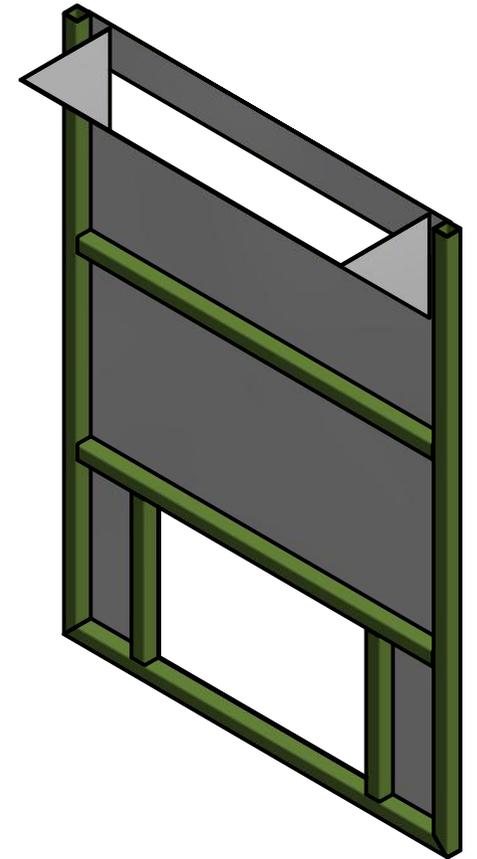
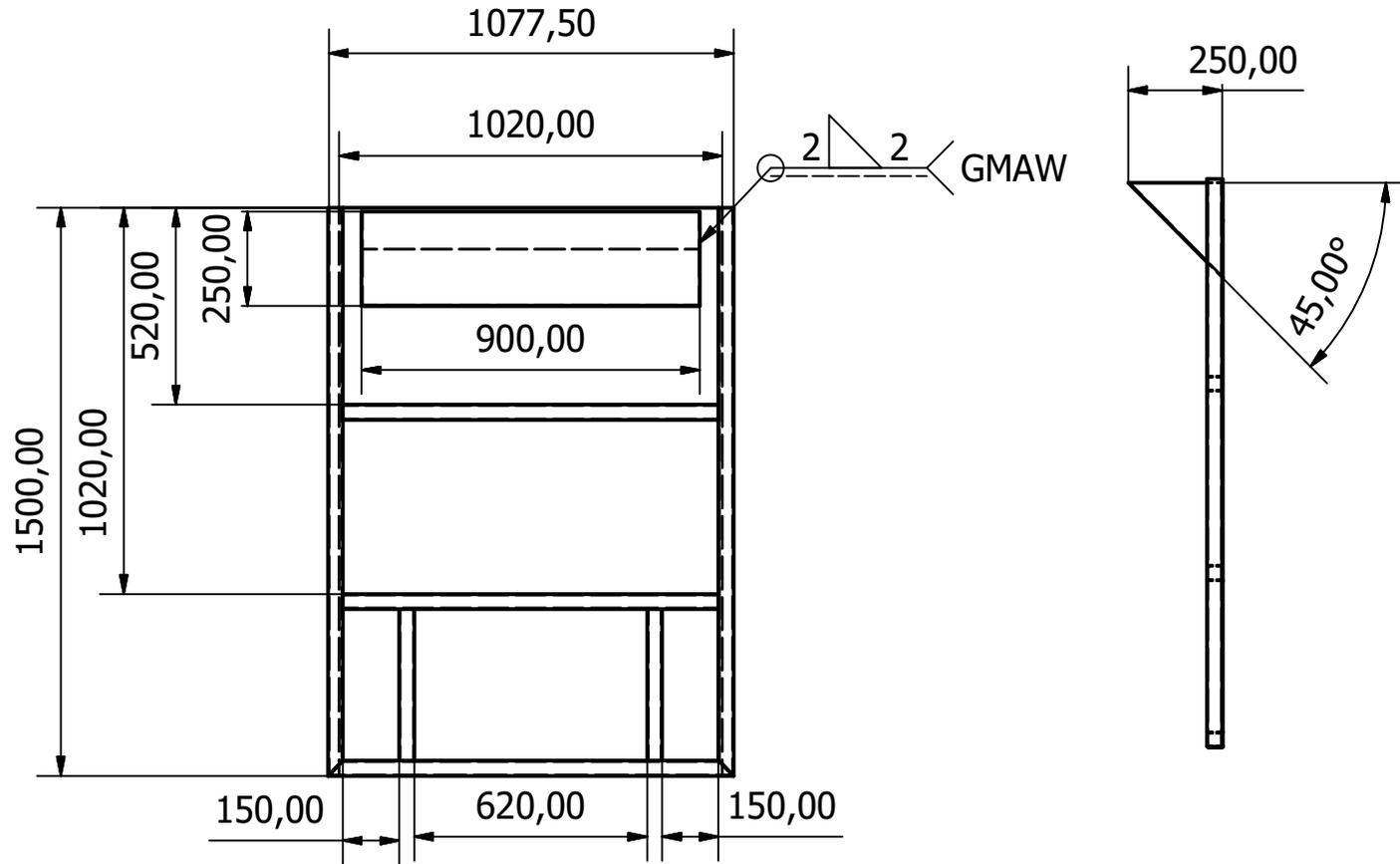


CAMARA DE SECADO		
ITEM	NOMBRE	DESCRIPCION
09	TUERCA	TUERCA M16X2
10	ARANDELA	ARANDELA 16A
11	PARED POSTERIOR	
12	CADENA	CADENA DE RODILLOS SERIE TRANSPORTADOR 2042
13	BANDEJA DE ENTRADA	
14	PARED FRONTAL	
15	BRIDA	
16	CHUMACERA	CHUMACERA DE PARED SKF
17	EJES	
18	PLATINA DE ARRASTRE	PLATINA DE ACERO 1018, ESPESOR 6 MM
19	PLANCHA PERFORADA DE SOPORTE	PLANCHA PERFORADA GALVANIZADA, 1.5 MM DE ESPESOR
20	PIÑON	PINON TIPO A, 17 DIENTES

Designed by TORRES - GONZALEZ	Checked by ING. MARTINEZ	Approved by ING. MARTINEZ	Date 01/02/2016	Date 01/02/2016
ESPOL		SECADOR DE CACAO		
		CAMARA DE SECADO	Edition	Sheet 5 / 8



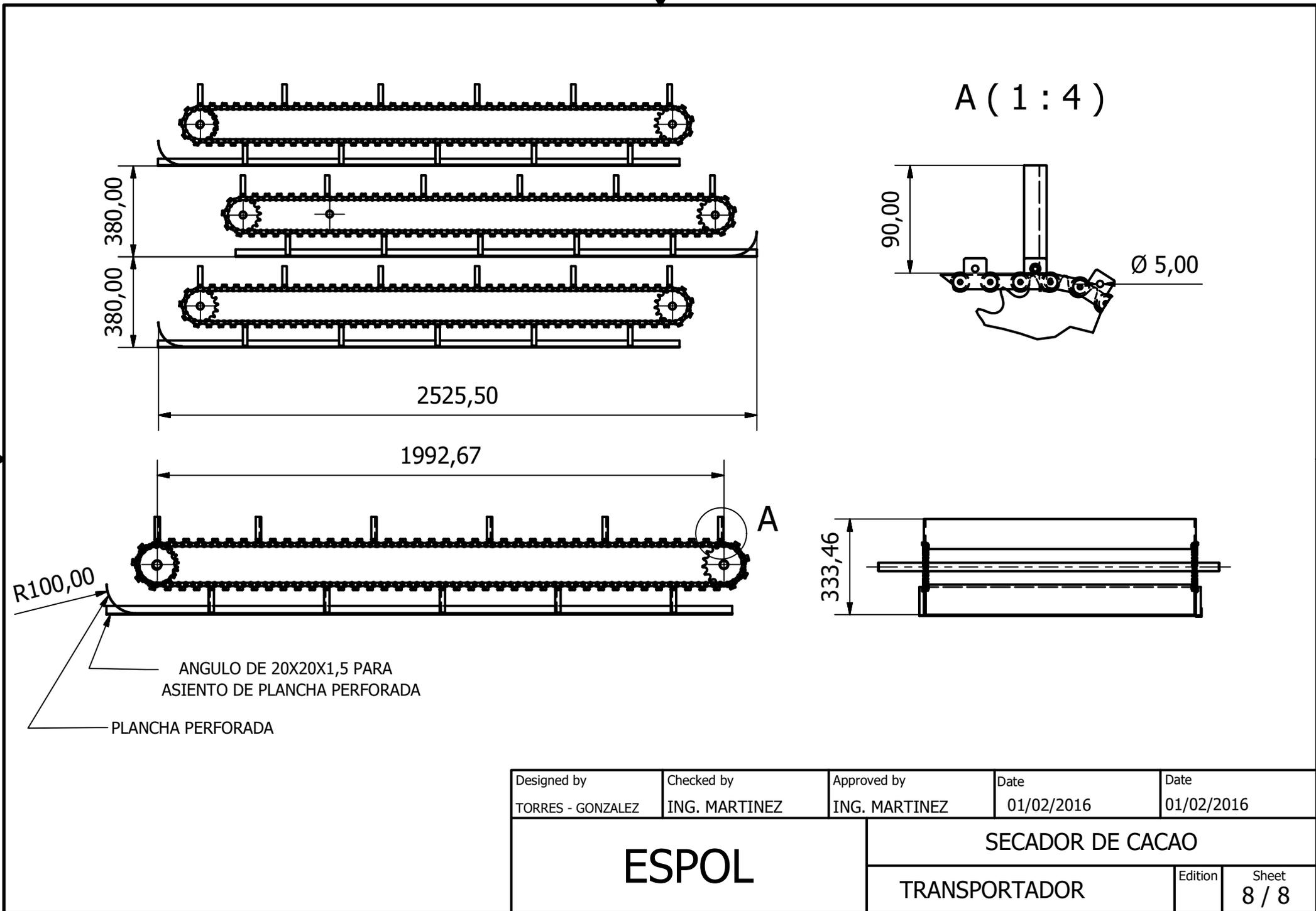
Designed by TORRES - GONZALEZ	Checked by ING. MARTINEZ	Approved by ING. MARTINEZ	Date 01/02/2016	Date 01/02/2016
ESPOL		SECADOR DE CACAO		
		DIFUSOR	Edition	Sheet 6 / 8



TODOS LOS TUBOS SON CUADRADOS DE 40 X 40 X 2,5

LA PLANCHA ES DE ESPESOR 1,5 MM

Designed by TORRES - GONZALEZ	Checked by ING. MARTINEZ	Approved by ING. MARTINEZ	Date 01/02/2016	Date 01/02/2016
ESPOL		SECADOR DE CACAO		
		PARED FRONTAL	Edition	Sheet 7 / 8



Designed by TORRES - GONZALEZ	Checked by ING. MARTINEZ	Approved by ING. MARTINEZ	Date 01/02/2016	Date 01/02/2016
ESPOL		SECADOR DE CACAO		
		TRANSPORTADOR	Edition	Sheet 8 / 8