

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**UNIDAD DE POSGRADO**

**Automatización de los procesos de secado y selección  
del cacao ecuatoriano conservando las características  
sensoriales y previniendo riesgos laborales**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial

**AUTOR**

**Sergio Julio NÚÑEZ SOLANO**

Lima – Perú

2017

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ACEPTACIÓN DE TESIS**

SERGIO JULIO NÚÑEZ SOLANO, declaro bajo juramento que la autoría de la presente investigación corresponde totalmente a la suscrita y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar: “**AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE SECADO Y SELECCIÓN DEL CACAO ECUATORIANO CONSERVANDO LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y PREVINIENDO RIESGOS LABORALES**”.

**Autor: SERGIO JULIO NÚÑEZ SOLANO**

**C.C: 1204485542**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi especial gratitud a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Industrial de la prestigiosa Universidad Nacional Mayor de San Marcos, que han logrado impartir exitosamente su conocimiento académico, científico y ético, gracias a todos los profesionales que colaboraron de manera directa e indirecta en el desarrollo del presente trabajo de investigación y especialmente a la empresa Nestlé Ecuador.

***Sergio Julio Núñez Solano***

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi padre, madre, hermanos, esposa y en especial a mi hija Sophía Alejandra, mi familia es y será siempre mi prioridad.

***Sergio Julio Núñez Solano***

## RESUMEN

La tesis Doctoral presentada, ha identificado que en Ecuador se están utilizando actualmente procesos y mecanismos de secado y selección del cacao en grano que conserva las características sensoriales de la fruta; pero existen riesgos laborales en los procesos mencionados que afectan la salud de las personas causando daños irreversibles, al ser tareas manuales y mecanizadas no es un proceso homogéneo y estandarizado de secado y selección, ocasionando pérdidas económicas y competitividad con otros países del mundo que lo comercializan. Este trabajo se fundamentó en el cumplimiento del siguiente objetivo: automatizar el proceso de secado y selección del cacao en grano sin alterar las características sensoriales, previniendo los riesgos laborales asociados. La investigación fue de tipo explicativo, orientado no sólo a describir o hacer un mero acercamiento en torno a un fenómeno o hecho específico, sino que busca establecer las causas que se encuentran detrás de éste. El enfoque fue mixto (cualitativo-cuantitativo) ya que engrano la opinión de expertos con la interpretación de datos estadísticos arrojados a lo largo del análisis. El diseño de la investigación fue descriptivo y semi-experimental proporcionando un perfil detallado de un evento, condición o situación. El tipo de muestreo fue aleatorio no probabilístico, ya que la muestra utilizada en la investigación fueron lotes de cacao provenientes de diversos cantones de la provincia del Guayas y Los Ríos. La técnica para la recolección de datos fue de campo, donde se utilizaron instrumentos calibrados para la medición, la determinación de las características sensoriales se usó un panel sensorial calificado y experimentado, y para la determinación de los riesgos laborales se usaron técnicas validadas internacionalmente. El resultado con mayor relevancia fue: para secar un cacao de manera homogéneo que conserve las características sensoriales en un secador circular provista de 2 paletas se debe mantener la temperatura a 60°C y a una revolución de 1,2 RPM usando GLP como combustible en su intercambiador de calor.

**Palabras claves:** Automatización de secado y selección de cacao, características sensoriales, riesgos laborales y seguridad en maquinarias.

## **ABSTRACT**

The Doctoral thesis here presented has identified that in Ecuador processes and mechanisms of drying and selection of cocoa beans that retain the sensory characteristics of the fruit are being used; however, there are labor risks in the mentioned processes that affect the health of the people causing irreversible damages. Because these tasks are manual and mechanized jobs, there is not a homogenous and standardized process of drying and selection of the fruit, causing economic loss and competitiveness with other countries of the world that sell it. This work was based on the fulfillment of the following objective: to automate the process of drying and selection of cocoa beans without altering the sensorial characteristics, preventing the associated labor risks. The research was of an explanatory type, oriented not only to describe or to make a simple approach around a specific phenomenon or fact, but it seeks to establish the causes that are behind it. The approach was mixed (qualitative-quantitative), since I used experts' opinions with the interpretation of statistical data obtained throughout the analysis. The research design was descriptive and semi-experimental providing a detailed profile of an event, condition or situation. The type of sampling was random, not probabilistic, since the sample used in the investigation were lots of cacao from different cantons in the provinces of Guayas and Los Ríos. A fieldwork technique for the data collection was used, where calibrated instruments were used for the measurement; for the determination of the sensorial characteristics a qualified and experienced sensory panel was used; and for the determination of the occupational risks validated international techniques were used. The most relevant result was: to dry the cocoa in a homogeneous manner that preserves the sensorial characteristics in a circular drier fitted with 2 paddles, the temperature should be maintained at 60 °C and a revolution of 1,2 RPM, and GLP as fuel in its heat exchanger has to be used.

**Keywords: Automation of drying and selection of cocoa, sensorial characteristics, occupational hazards and safety in machinery.**

## INDICE GENERAL

<b>CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
1.1 Situación Problemática .....	15
1.2 Formulación del Problema .....	20
1.2.1 Formulación del Problema General.....	20
1.2.2 Formulación de los Problemas Secundarios .....	20
1.3 Justificación Teórica .....	20
1.4 Justificación Práctica .....	21
1.5 Objetivos.....	21
1.5.1 Objetivo General .....	21
1.5.2 Objetivos Específicos.....	22
<b>CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
2.1 Antecedentes de la investigación.....	26
2.2 Bases Teóricas .....	27
2.2.1 La automatización.....	27
2.2.1.1 Razones para automatizar .....	29
2.2.1.2 Tipos de automatización .....	32
2.2.2 El cacao ecuatoriano y su historia.....	35
2.2.2.1 Variedades de cacao .....	36
2.2.2.2 Clasificación del cacao.....	37
2.2.2.3 Secado y selección de cacao en grano.....	38
2.2.2.4 Tipos de secadores para el cacao en grano.....	40
2.2.2.5 Limpieza y selección del cacao en grano .....	43
2.2.3 La revolución industrial .....	43
2.2.4 La automatización industrial.....	44
2.2.5 Automatización de secado y selección del cacao en el Ecuador.....	45
2.2.5.1 Automatización de secadores para cacao.....	45
2.2.5.2 Automatización de los seleccionadores para cacao .....	52
2.2.6 Características sensoriales del cacao .....	54
2.2.7 Seguridad y salud en el trabajo.....	55
2.2.8 Los riesgos laborales .....	55
2.2.9 Bases legales .....	58

<b>CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>62</b>
3.1 Hipótesis General .....	62
3.2 Hipótesis Específicas .....	62
3.3 Identificación de Variables .....	62
3.4 Operacionalización de las Variables .....	64
3.5 Matriz de Consistencia.....	67
3.6 Tipo y Diseño de Investigación .....	69
3.7 Unidad de Análisis .....	70
3.8 Población de Estudio .....	70
3.9 Tamaño de la Muestra .....	70
3.10 Selección de la Muestra.....	71
3.11 Técnicas de Recolección de Datos .....	72
<b>CAPITULO 4: AUTOMATIZACIÓN, CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y RIESGOS LABORALES .....</b>	<b>73</b>
4.1 Automatización de la secadora .....	73
4.1.1 Combustible para la secadora .....	76
4.1.1.1 Secador a base de diésel.....	76
4.1.1.2 Secador a base de Gas Licuado de Petróleo .....	82
4.1.2 Determinación de la humedad del cacao en grano .....	86
4.1.3 Características técnicas de la secadora automática.....	100
4.1.4 Descripción detallada de la realización de la secadora circular.....	116
4.1.5 Rendimiento en secado .....	121
4.2 Automatización del Seleccionador .....	122
4.2.1 Componentes de un seleccionador de cacao.....	124
4.2.1.1 Sistema de zarandeo semi-elíptico o zic-zac .....	124
4.2.1.2 Sistema de ventilación .....	125
4.2.1.3 Sistema de suspensión y regulación.....	126
4.3 Características sensoriales del cacao.....	138
4.3.1 Evaluación de las características sensoriales del color .....	138
4.3.2 Evaluación sensorial del moho.....	140
4.3.3 Determinación de las características sensoriales de sabor .....	142
4.4 Riesgos Laborales en los Procesos.....	150
4.4.1 Análisis Modo de Falla (Evaluación de Riegos) .....	150
4.4.2 Minimización de riesgos laborales (seguridad en maquinaria) .....	159



<b>CAPITULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>163</b>
5.1 Análisis descriptivo del Grupo Control y Grupo Experimental de las características sensoriales del cacao ecuatoriano.....	163
5.1.1 Evaluación de las características sensoriales del cacao Grupo Control.....	163
5.1.2 Evaluación de las características sensoriales del cacao Grupo Experimental...	165
5.2 Análisis descriptivo del Grupo Control y Grupo Experimental de los riesgos laborales.....	167
5.3 Contrastación de las Hipótesis Específicas.....	174
5.3.1 Contrastación de hipótesis específica de las características sensoriales del cacao ecuatoriano (Secadora Automática).....	174
5.3.2 Contrastación de hipótesis específica del material no deseado en el cacao (Seleccionador Automático).....	180
5.3.3 Contrastación de hipótesis para la prevención de los riesgos laborales (Secadora y Seleccionadora Automática) .....	181
5.4 Contrastación de la Hipótesis General.....	182
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>184</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>185</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>186</b>
<b>ANEXO 1:</b> Estudio ergonómico de las tareas manuales de secado, selección y almacenamiento de cacao en Nestlé Ecuador .....	<b>193</b>
<b>ANEXO 2:</b> Manual de uso, mantenimiento y prevención de riesgos laborales en secadora circular automatizada.....	<b>214</b>
<b>ANEXO 3:</b> Elaboración del licor de cacao.....	<b>228</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos de la calidad del cacao en grano beneficiado.....	38
Tabla 2 Matriz de identificación de las variables.....	63
Tabla 3 Matriz de Operacionalización de Variables Independientes.....	65
Tabla 4 Matriz de Operacionalización de Variables Dependientes .....	66
Tabla 5 Matriz de Consistencia.....	68
Tabla 6 Medición de humedad método propuesto versus método tradicional ..	91
Tabla 7 Descriptivo del análisis exploratorio del método tradicional, método propuesto y la muestra de la diferencia .....	93
Tabla 8 Resumen de contrastes de hipótesis del método propuesto, método tradicional y la muestra de la diferencia.....	94
Tabla 9 Prueba para muestras emparejadas.....	98
Tabla 10 Resumen de contrastes de hipótesis nula y alternativa para determinar la humedad del cacao .....	99
Tabla 11 Datos técnicos de secadoras con diversos diámetros .....	122
Tabla 12 Descripción de partes y piezas que conforman el seleccionador de cacao .....	135
Tabla 13 Características técnicas del seleccionador de cacao.....	138
Tabla 14 Requisitos de calidad del cacao en grano beneficiado .....	140
Tabla 15 Escala de los perfiles sensoriales .....	147
Tabla 16 Listado de atributos de los perfiles sensoriales del cacao .....	148
Tabla 17 Criterios para la evaluación de la severidad .....	153
Tabla 18 Criterios de evaluación de la ocurrencia .....	154
Tabla 19 Criterios para evaluar la probabilidad de detección .....	155
Tabla 20 Elementos de seguridad en maquinaria (prevención de riesgos) ....	160
Tabla 21 Evaluaciones sensoriales del secado de manera manual (Tendales) .....	164
Tabla 22 Evaluación de la mediana, moda y desviación estándar del secado de manera manual .....	164

Tabla 23 Evaluaciones sensoriales de secado usando la secadora automática .....	165
Tabla 24 Evaluación de la mediana, moda y desviación estándar del secado usando la secadora automática .....	166
Tabla 25 Evaluaciones de la seleccionadora automática de cacao .....	167
Tabla 26 Evaluación de riesgos laborales de las actividades en el secado del cacao manual (Grupo Control).....	169
Tabla 27 Evaluación de riesgos laborales de las actividades de selección del cacao manual (Grupo Control).....	170
Tabla 28 Evaluación de los riesgos laborales en la secadora de cacao automática (Grupo Experimental) .....	172
Tabla 29 Evaluación de los riesgos laborales en la seleccionadora de cacao automática (Grupo Experimental) .....	173
Tabla 30 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Tostado" .....	174
Tabla 31 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Amargo" .....	175
Tabla 32 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Quemado" ....	176
Tabla 33 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Chocolate"....	176
Tabla 34 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Frutal" .....	177
Tabla 35 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Floral" .....	178
Tabla 36 Evaluación sensorial comparativo del Secado Manual (Grupo de Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental) .....	179
Tabla 37 Análisis comparativo de los riesgos laborales.....	182

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Secado de cacao en plataforma de cemento (tendales).....	41
Figura 2 Secador de cacao artificial usando un horno de GLP.....	42
Figura 3 Secador de cacao en bandejas .....	47
Figura 4 Secador continuo de túnel .....	48
Figura 5 Secador rotatorio .....	49
Figura 6 Secador de tambor .....	50
Figura 7 Secador por aspersion.....	51
Figura 8 Seleccionador gravimétrico.....	53
Figura 9 Seleccionador por tamaño .....	54
Figura 10 Diagrama de la formación de los accidentes laborales.....	56
Figura 11 Escala legal en el Ecuador .....	59
Figura 12 Secado de cacao de manera manual (recolección de cacao en sacos) .....	74
Figura 13 Secado de cacao de manera manual (secado en tendales) .....	74
Figura 14 Bombona de GLP .....	83
Figura 15 Secadora estática usando GLP como combustible .....	84
Figura 16 Termobalanza.....	89
Figura 17 Termobalanza digital.....	90
Figura 18 Prueba de Kolmogorov-Smirnov y la gráfica Q-Q para método propuesto .....	95
Figura 19 Prueba de Kolmogorov-Smirnov y la gráfica Q-Q para método tradicional .....	96
Figura 20 Prueba de Kolmogorov-Smirnov y la gráfica Q-Q para la muestra de la diferencia.....	97
Figura 21 Prueba de rangos con signo Wilcoxon para método tradicional y propuesto .....	99
Figura 22 Secadora circular homogénea de cacao.....	101
Figura 23 Secadoras circulares automáticas instaladas para la investigación	101
Figura 24 Secadora circular automática homogénea operando .....	102
Figura 25 Bandeja de secado y puerta de limpieza .....	105

Figura 26 Cama “1A” .....	106
Figura 27 Base central de eje central “1B” .....	107
Figura 28 Sistema y estructura general de la cama.....	108
Figura 29 Sistema de descarga interna .....	109
Figura 30 Agitador y dispositivo de ascenso y descenso para sistema de descarga .....	110
Figura 31 Caja de arrastre .....	111
Figura 32 Sistemas y estructura general de la caja de arrastre y agitador .....	112
Figura 33 Sistema de accionamiento de ascenso y descenso para descarga	113
Figura 34 Estructura general de la cercha y bases.....	114
Figura 35 Vista superior de la secadora circular homogénea .....	115
Figura 36 Selección de cacao de manera manual.....	123
Figura 37 Sistema de ventilación .....	126
Figura 38 Vista lateral del seleccionador de cacao.....	129
Figura 39 Vista superior del seleccionador de cacao.....	130
Figura 40 Vista isométrica del seleccionador de cacao .....	131
Figura 41 Vista interna frontal del seleccionador de cacao.....	132
Figura 42 Vista interna posterior del seleccionador de cacao.....	132
Figura 43 Vista interna lateral del seleccionador de cacao .....	133
Figura 44 Vista interna superior del seleccionador de cacao.....	134
Figura 45 Clasificadoras de cacao instaladas para la investigación .....	137
Figura 46 Cacao sin presencia de moho .....	141
Figura 47 Cacao cortado usando tabla magra.....	142
Figura 48 Licor de cacao realizado en molino.....	145
Figura 49 Licor de cacao listo para degustación sensorial .....	145
Figura 50 Licor de cacao solidificado.....	146
Figura 51 Evaluación sensorial.....	149
Figura 52 Gestión de los riesgos laborales .....	150

## Glosario de Términos

**Accidente de trabajo.** Es un suceso imprevisto y repentino que ocasiona al trabajador/a lesión corporal o perturbación funcional, la muerte inmediata o posterior; con ocasión o consecuencia del trabajo. También se considera accidente de trabajo, el que puede sufrir el trabajador al ir su domicilio a su lugar de trabajo o viceversa.

**Atributo sensorial:** Término objetivo con su definición que caracteriza una dimensión sensorial de un producto.

**Automatización.** Es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales.

**Control de riesgos.** En el proceso de toma de decisiones para tratar y/o reducir los riesgos, mediante la información obtenida en la evaluación de riesgos, para implantar medidas correctoras, exigir su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia.

**Enfermedad profesional.** Es la afección aguda o crónica causadas de una manera directa por el ejercicio de la profesión o trabajo, que realiza el trabajador(a) y que produce incapacidad.

**Evaluación de los Riesgos Laborales.** Es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.

**Fermentación del cacao.** Proceso a que se somete el cacao en baba, que consiste en causar la muerte del embrión, eliminar la pulpa que rodea a los granos y lograr el proceso bioquímico que le confiere el aroma, sabor y color característicos.

**Proceso.** Un proceso es una secuencia de pasos con fundamento lógico que se enfoca en lograr algún resultado específico.

**Procesos Industriales.** Un proceso es comprendido como todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de fases sucesivas, ordenadas u organizados,

que se efectúan o suceden de forma alternativa o simultánea, los cuales se encuentran estrechamente relacionadas entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso.

**Referencia sensorial.** Muestra (o imagen, por ejemplo, para apariencia) que ilustra un atributo sensorial clave en uno o más niveles de intensidad.

**Salud.** La OMS definió en 1946 la salud como “el estado de bienestar físico, mental y social completo y no meramente la ausencia de enfermedad o dolencia”.

# CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Situación Problemática

“El cacao (*Theobroma cacao L*) es una fruta tropical considerado como un patrimonio en el Ecuador, crecen en climas donde existen precipitaciones abundantes y las temperaturas son estables entre los 25 - 28 grados centígrados” (Perez & Gutiérrez, 2013).

“Su buena producción y calidad en el año 2011 el Ecuador recibió el premio como el “mejor cacao por su calidad oral” y “mejor grano de cacao por región geográfica” en el Salón du Chocolat en París, según la publicación en la Revista Lideres (Perez & Gutiérrez, 2013).

Las principales características del cacao ecuatoriano es su aroma y sabor lo que ha hecho distinguirse de los países productores de esta fruta como son Costa de Marfil y Ghana, la demanda de esta fruta ha venido incrementándose paulatinamente, por lo que las exportaciones en el año 2013 fueron de  $2,0 \times 10^5$  toneladas aproximadamente (El Comercio, 2014 ).

El 65% de esta exportaciones lo representa el cacao fino de aroma que aporta el Ecuador a nivel mundial, si se dejara de exportar el cacao fino de aroma se estaría afectando la calidad del chocolate a nivel mundial publicado en el diario ecuatoriano (El Comercio, 2014 ).

En el Ecuador existen muchos productores y comercializadores de cacao en grano y semielaborados que trabajan en asociaciones o independientes ya sea de manera formal e informal, aproximadamente  $1,1 \times 10^5$  agricultores trabajan en  $4,8 \times 10^5$  hectáreas lo que genera ingresos económicos superiores a los USD 750 millones en el año 2014 y proyecta a incrementar este valor al menos un 10% en los próximos 5 años venideros (Perez & Gutiérrez, 2013).



Las exportaciones de cacao han constituido un importante renglón para la economía nacional, en especial por su significativo aporte a la contribución de la generación de divisas (Evelin, 2015)

Las operaciones previas a la comercialización del cacao en grano son los procesos de secado y selección, estos procesos van a depender de la clase de cacao que se desea obtener y de los requisitos de calidad que exigen la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN)<sup>1</sup> 176:2006, las tareas de secado y selección del cacao ecuatoriano son manuales en un 95% y tan solo un 5% cuentan con un proceso mecanizado o automatizado en el mejor de los casos, según la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao del Ecuador ANECACAO<sup>2</sup> (ANECACAO, 2017).

Las empresas que exportan de manera formal registran un total de 60, siendo la empresa OLAM Ecuador la trasnacional con mayor volumen de exportación  $2,5 \times 10^4$  Toneladas Métricas y Nestlé Ecuador ocupó el segundo lugar con  $1,9 \times 10^4$  Toneladas Métricas de exportación de cacao en grano durante el periodo del 2016 (Evelin, 2015).

Los procesos de secado y selección de cacao en grano son tareas manuales realizadas por el hombre el cual hacen que estén expuestos a diversos riesgos laborales como son los: físicos, mecánicos, químicos, biológicos, psicosociales y ergonómicos., al no implementar controles operacionales para eliminar o minimizar los riesgos hace que la mano de obra se expongan a corto o mediano plazo lesiones severas a la salud sea de manera temporal o permanente, a más de ocasionar accidentes y enfermedades ocupacionales también existen cuantiosas pérdidas económicas, demandas legales, afectación a la imagen

---

<sup>1</sup> INEN es una entidad técnica de derecho público, siendo el organismo técnico nacional competente, en materia de reglamentación, normalización y metrología, en conformidad con lo establecido en las leyes de la República y en tratados, acuerdos y convenios internacionales.

<sup>2</sup> ANECACAO es una asociación sin fines de lucro con personería jurídica, la cual vela por el bienestar y el desarrollo del sector productor y exportador de cacao en el Ecuador.

empresarial, cierre temporal o permanente de las operaciones el cual tendría un gran impacto económico en miles de ecuatorianos que laboran en este importante sector agrícola e industrial.

Según datos de la (OIT)<sup>3</sup>, el número de accidentes y enfermedades relacionados con el trabajo, anualmente cobran más de 2 millones de vidas, parece estar aumentando debido a la rápida industrialización de algunos países en desarrollo (OMS, 2005).

En sus últimas estimaciones, la OIT descubrió que además de las muertes relacionadas con el trabajo, cada año los trabajadores son víctima de unos 268 millones de accidentes no mortales que causan ausencias de al menos tres días del trabajo y unos 160 millones de nuevos casos de enfermedades profesionales (OMS, 2005).

Los procesos de secado y selección del cacao en grano al realizarlos de manera manual y/o mecanizado conllevan muchos riesgos laborales que pueden afectar o alterar la salud y el confort de los trabajadores que están expuestos, si hacemos un análisis de todos riesgos al personal que laboran en estos procesos podríamos ver claramente que el ergonómico es el que mayormente afecta a corto y mediano plazo.

(Tortosa *et al*,1999) señala que la ergonomía es la disciplina que se encarga del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas, de modo que coincidan con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador. Busca la optimización de los tres elementos del sistema (humano-máquina-ambiente), para lo cual elabora métodos de la persona, técnica y organización.

---

<sup>3</sup> OIT es un organismo especializado de las Naciones Unidas que se ocupa de los asuntos relativos al trabajo y las relaciones laborales.

(Arias, 2015) manifiesta que los riesgos ergonómicos involucrados al secar y seleccionar el cacao en grano es por los sacos que se comercializan, su peso aproximado es de 69 kilogramos para la exportación, al realizar las tareas de: cargar, levantar, colocar, tracción, desplazar y almacenar implican daños o afectaciones a la salud del trabajador por:

- Sobreesfuerzos por posturas forzadas o inadecuadas
- Sobreesfuerzos por incorrecta manipulación manual de cargas
- Sobreesfuerzos por levantamiento de carga con peso superior a los 25 kg
- Movimientos corporales repetitivos

La mano de obra que trabaja bajo las condiciones mencionadas implica severas afectaciones a la salud y que en muchos de los casos son irreversibles, entre las más comunes a corto y mediano plazo son:

- Lesiones músculo-esqueléticas
- Degeneración crónica de las articulaciones (artrosis)
- Degeneración de los discos intervertebrales o lesiones de los mismos (hernias)
- Dolores en todo el cuerpo
- Fracturas
- Politraumatismos

El Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo 2393) se encuentra vigente en el Ecuador desde el año 1986, en el periodo de ese entonces presidente Ing León Febres-Cordero dispone del presente reglamento que sea aplicado a todas las actividades laborales y en todo centro de trabajo, teniendo como objetivo la prevención, disminución o eliminación de los riesgos del trabajo y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

Actualmente los productores y comercializadores de cacao deberán adoptar medidas para la prevención y minimización de riesgos laborales asociadas a las actividades de secado y selección de las almendras, por lo que se tiene que investigar e implementar mecanismos que sean seguros y no se vean afectados la salud de los colaboradores.

Es necesario por este motivo, definir el proceso más seguro para sus operaciones y que no afecten las características sensoriales del cacao en grano y a la vez reemplazar los procesos manuales por tecnologías seguras, la tendencia es la automatización de los procesos en donde las tareas repetitivas y manuales sean reemplazadas por estas tecnologías y controladas por el hombre.

La automatización es una tecnología sólidamente establecida en los sectores manufactureros, incluido la alimentación, donde aspectos como la higiene, la reducción de los costos en su producción, el aumento de la productividad, y minimización de riesgos laborales entre otros, pueden verse beneficiados los empresarios y la sociedad que invierten en este tipo de tecnologías (Machado, 2010).

El Ecuador desde el año del 1995 empieza a reemplazar algunas tareas manuales por un sistema mecanizado, siendo las empresas trasnacionales que operan en el país las que han traído dicha tecnología para sus procesos y aprovechar de todos sus beneficios, ciertos sectores como el petrolero es donde más se aplica tecnología, mientras que el sector agroindustrial ha tenido retrasos por múltiples factores como el precio de la materia prima, insumos y lo complicado para acceder a tecnología de bajo costo o la realización de equipos por mano de obra nacional o el no disponer del conocimiento apropiado para innovar y desarrollar.

Una vez explicado la situación problemática que está pasando los empresarios, agricultores y comercializadores del cacao ecuatoriano, existe la

alternativa de automatizar los procesos de secado y selección para que sean seguros sus procesos y no afectar la salud del personal, pero garantizando las características sensoriales del cacao ecuatoriano, que son los que proporcionan la calidad al producto terminado como son los chocolates y los recubiertos.

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 Formulación del Problema General**

¿Cómo se automatiza los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano sin alterar sus características sensoriales y que prevenga los riesgos laborales?

### **1.2.2 Formulación de los Problemas Secundarios**

- a) ¿Cuáles son las características técnicas para elaborar una secadora automática que conserve las características sensoriales?
- b) ¿Cuáles son las características técnicas para elaborar una seleccionadora automática que separe material no deseado?
- c) ¿Qué componentes técnicos debe tener una secadora y seleccionadora automática para prevenir riesgos laborales?

## **1.3 Justificación Teórica**

La presente investigación aportó con lo que se detalla a continuación:

- a) Las características técnicas para elaborar una secadora automatizada para el cacao ecuatoriano que no afecte sus características sensoriales.

- b) Las características técnicas para elaborar una seleccionadora automatizada para separar cualquier materia extraña adherida al cacao.
- c) Los componentes técnicos que deberá contener una secadora y seleccionadora automática para prevenir los riesgos laborales asociados.

## **1.4 Justificación Práctica**

La investigación realizada aportó con las características técnicas para la elaboración de una seleccionadora que separa los materiales extraños y una secadora que conserve las características sensoriales del cacao en grano en el proceso de secado y que prevenga los riesgos laborales al personal, garantizando un ambiente seguro y estandarizando los procesos mencionados.

La automatización es el proceso más rentable y seguro para manejar en la actualidad y son implementadas en las diversas industrias de acuerdo a la necesidad, factibilidad, tecnología y valor económico, pero si la producción de la automatización es de manera local facilita su accesibilidad a la sociedad ecuatoriana generando nuevas plazas de trabajo.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

El objetivo general fue “Automatizar los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano conservando las características sensoriales y previniendo riesgos laborales”

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

Para la presente investigación se elaboró tres objetivos específicos con la finalidad de lograr el objetivo general propuesto:

1. Elaborar una secadora automática para el cacao ecuatoriano que conserve sus características sensoriales.
2. Elaborar una seleccionadora automática para el cacao que separe los materiales no deseados.
3. Elaborar una secadora y seleccionadora automática de cacao que contenga componentes técnicos seguros para prevenir riesgos laborales.

## **CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO**

El cacao tiene mucha historia, la planta del cacao crece de manera silvestre en la cuenca del Amazonas y se teoriza que fue transportada en tiempos prehistóricos a Mesoamérica por el ser humano, se interpone la fría cordillera de los Andes en el oeste o lo árido del golfo de Urabá por el noreste (Evelin, 2015).

La primera evidencia del uso y domesticación del cacao la tenemos en la cultura Olmeca, hace unos 3500 años. El primer registro escrito de uso de la palabra cacao lo tenemos en la cultura Maya clásica (los olmecas introdujeron el cultivo del cacao en la naciente cultura Maya alrededor del año 1000 A.C).

La cultura del cacao en Ecuador tiene su antigüedad, se sabe que, a la llegada de los españoles en la costa del Pacífico, ya se observaban grandes árboles de cacao que demostraban el conocimiento, en el Ecuador actual se cultivan algunos tipos de cacao (Anecacao, 2015).

Pero la variedad conocida como NACIONAL es la más buscada entre los fabricantes de chocolate, por la calidad de sus granos y la finura de su aroma, el chocolate elaborado con cacao NACIONAL tiene un sabor inigualable a nivel mundial y cuando estamos refiriéndonos a cacao con altas características sensoriales, hacemos referencia al cacao ecuatoriano.

Se pensó entonces que se debería poder encontrar los representantes de esta variedad ancestral, que se estaba paulatinamente perdiendo en el proceso de hibridación y poder así volver a recrear las variedades productivas con un gusto equivalente a la variedad nativa NACIONAL (Anecacao, 2015).

En la actualidad, la mayor parte del cacao ecuatoriano corresponde a una mezcla de Nacional y trinitario introducidos después de 1920 por considerarse más resistente a las enfermedades. Sin embargo, el sabor Arriba sigue



permaneciendo ya que el Ecuador tiene las condiciones agro-climáticas para el desarrollo del cultivo (Anecacao, 2015).

Estudios revelan que el cacao ecuatoriano en comparación a cacaos provenientes de otros países, posee alto contenido de lípidos, y esto hace que cumplen diversas funciones en las personas que lo consumen, entre ellas: reserva energética, aislantes térmicos, amortiguadores y reguladora (como las hormonas esteroides). Este alto contenido de lípidos hace que también el cacao ecuatoriano sea apetecible por sus consumidores a nivel mundial (Villavicencio, 2001).

En la actualidad de manera paulatina se está dejando de producir cacao NACIONAL y están sembrando el cacao CCN-51 dado que el porcentaje de producción es el doble, pero su característica sensorial no son tantas como las de NACIONAL, según lo mencionado se está prevaleciendo la cantidad sobre la calidad, lo que no es beneficioso para las empresas chocolateras y las productoras de sus derivados (Guerrero, 2013).

El IESS<sup>4</sup> indica que a nivel nacional se reportaron 22861 siniestros laborales, de los cuales 22179 (97,01%) corresponden a avisos de accidentes de trabajo y 682 (2,99%) corresponden a avisos de enfermedades profesionales (IESS, 2014).

En cuanto a la atención médica, existen 3496 casos en enfermedades profesionales y 37183 en accidentes de trabajo, en el Ecuador 42 de 1000 trabajadores han sufrido un accidente laboral y las tareas agrícolas son de alto riesgo e inclusive en muchas ocasiones se observa el trabajo infantil.

---

<sup>4</sup> El Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social es una entidad, cuya organización y funcionamiento se fundamenta en los principios de solidaridad, obligatoriedad, universalidad, equidad, eficiencia, subsidiariedad y suficiencia. Se encarga de aplicar el Sistema del Seguro General Obligatorio que forma parte del Sistema Nacional de Seguridad Social en el Ecuador

El Ecuador dentro de sus políticas de estado están el precautelar la seguridad y bienestar de cada uno de sus habitantes siendo la seguridad un derecho irrenunciable, pero se requiere de mecanismos seguros para realizar tareas en las que se beneficie la sociedad sin hacerle daño a su integridad (Unicef, 2013).

El estado ecuatoriano ha venido trabajando arduamente en políticas de seguridad industrial y salud ocupacional para la prevención de riesgos laborales, pero no ha sido suficiente y en número de profesionales en estos temas no cubren la demanda del estado y desafortunadamente las tareas agrícolas al estar alejado de las ciudades (Ministerio de Trabajo, 2012).

Resulta complicado auditar y hacer que estas políticas se cumplan y más aun con las idiosincrasias de algunos agricultores en no tener el conocimiento apropiado y la concientización adecuada para la exposición a riesgos laborales que tarde o temprano termina afectado su seguridad, las de sus colaboradores y la de sus familiares (AEC, 2017).

Esto se debe a que las técnicas de automatización están muy ligadas a los sucesos económicos mundiales. En un contexto industrial se puede definir la automatización como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos-eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción (Robotecno, 2017).

La automatización en el contexto histórico reciente, no solo está relacionada con el proceso mismo, sino también con la distribución de los productos prefabricados o la prestación de servicios va a formar parte de la gestión de complejos industriales, administrativos y comerciales (Pérez, 2017).

La automatización es parte de una estrategia para mejorar la producción industrial. Las estrategias pueden ser: especialización de operaciones, operaciones combinadas, operaciones simultaneas, integración de operaciones,

incremento de flexibilidad, manejo de materiales y logística, inspección en línea, optimización de procesos, control de operaciones e integración computarizada de manufactura.

“Se refleja el hecho de que en los 80’s las tareas relativamente simples como las máquinas de inspección, transferencia de materiales, pintado automotriz, y soldadura son económicamente viables para ser robotizadas” (Herrera, 2009).

“Los análisis de mercado predicen que los robots industriales incrementarán su campo de aplicación, esto debido a los avances tecnológicos en sensores, los cuales permitirán tareas sofisticadas como el ensamble de materiales” (Astudillo, 2017).

## **2.1 Antecedentes de la investigación**

Se han realizado varios estudios de investigación sobre el cacao ecuatoriano sus características sensoriales en los chocolates, en una tesis de investigación realizada por (Torres, 2012) “investigó que en los granos de cacao el nutriente mayoritario fue la grasa (>40%) y la composición nutricional dependió del origen geográfico, siendo el cacao de Ecuador más rico en lípidos”.

En el chocolate negro en cambio, el nutriente mayoritario fueron los azúcares (>55%); y al igual que en los granos de cacao la composición nutricional de azúcares y grasa sólo dependió del origen geográfico, siendo también más ricos en lípidos los chocolates de Ecuador. Esta investigación sirvió para ratificar una vez más por que el cacao ecuatoriano tiene características sensoriales inigualables en el mundo (El Comercio, 2014).

Un estudio realizado por un ingeniero mecánico ecuatoriano promovido a mejorar la eficiencia de secado del cacao, investigó que la utilización del secador rotatorio se obtiene una adecuada aireación y volteo, que favorecen

notablemente la extracción del exceso de agua del producto logrando obtener cacao con humedad del 8% en solo siete horas (Guachamin, 2010).

En la investigación realizada no se pudo determinar cómo afecto de manera positiva o negativa las características sensoriales del cacao en el secado, el objetivo del estudio fue reducir el tiempo de secado.

El ingeniero mecánico Fierro (1990), fue la primera persona en realizar un estudio termodinámico para el diseño de secadores de cacao tipo plataforma, describe las pruebas de secado realizadas en el secador experimental que se diseñó y construyó en base a rangos y condiciones óptimas de secado, determinando un punto de partida para posteriores investigaciones en diseñar mejores equipos para un secado y seleccionado óptimo de calidad y conservando las características sensoriales del cacao ecuatoriano.

Se ha investigado en bibliografía y no se ha encontrado sobre evaluaciones de riesgos laborales en tareas de secado y selección de cacao de manera manual y menos aún en manera automatizado que es el objetivo de la presente investigación. Existen investigaciones en secado de alimentos que es un marco de referencia para la investigación realizada.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 La automatización**

El ser humano ha estado continuamente investigando, innovando y desarrollando maquinas, equipos y herramientas que logren facilitar las tareas pesadas, repetitivas y aquellas que puedan poner en riesgo la integridad del operador.

“En los últimos tiempos se ha logrado mejorar la tecnología y maquinarias sofisticadas que dado lugar a mejorar el campo de la automatización” (Perez, 2014).

“La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas” (Perez, 2014).

“De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales (Perez, 2014).

La automatización es un sistema donde se transfieren las tareas de producción realizadas por los operadores a un conjunto de elementos tecnológicos, o también decir en otras palabras, es la sustitución de tareas manuales realizadas por el ser humano a ser reemplazadas por máquinas, robots o por cualquier otro tipo de automatismo (Ponza & Granollers, 2013).

“El término automatización también hace referencia a describir sistemas no destinados a la fabricación en los que los dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independiente del control humano ” (Navarrete, 2013).

Los principales componentes de la automatización son los transductores y los captadores de información, los pre-accionadores (relés, contactores) y accionadores (motores, órganos de desplazamiento lineal), así como los órganos de tratamiento de información, en particular los ordenadores y en general los sistemas basados en microprocesadores (García, 1999).

En un número creciente de instalaciones industriales un ordenador se encarga de cálculos de balance de energía y materiales, en la vigilancia de las magnitudes

que pueden adquirir valores peligrosos, del comportamiento secuencial del arranque y la detención, de cálculos sobre medidas, etc (Garcia, 1999).

El ordenador puede llevar acabo cálculos de auto-adaptación y de auto-optimización, las condiciones de funcionamiento óptimo bien impuestas por el proceso, sea directamente o por intermedio de ordenadores clásicos controlados por ordenador, o bien directamente en el caso de control y gobierno directo.

La Automatización Industrial es posible gracias a la unión de distintas tecnologías, por ejemplo, la instrumentación permite medir las variables de la materia en sus diferentes estados de agregación, gases, sólidos y líquidos, (eso quiere decir que medimos cosas como el volumen, la masa, la presión, etc).

La automatización industrial la encontramos en muchos sectores de la economía, como en la fabricación de: alimentos, productos farmacéuticos, productos químicos, en la industria gráfica, petrolera, automotriz, plásticos, telecomunicaciones entre otros, sectores en los cuales generan grandes beneficios. No solo se aplica a máquinas o fabricación de productos, también se aplica la gestión de procesos, de servicios, a manejo de la información, a mejorar cualquier proceso que lleven a un desempeño más eficiente, desde la instalación, mantenimiento, diseño, contratación e incluso la comercialización. Las metas en cada caso son: reducción de los tiempos de proceso, minimizar los tiempos de paradas, reducir tiempo de manejo de materiales, mínimo uso de máquinas de proceso, minimizar índice de desperdicios, optimización del uso de maquinaria y equipos (Ponsa & Granollers, 2013).

### **2.2.1.1 Razones para automatizar**

Se consideran las siguientes razones para implementar la automatización:

- **Incrementa la productividad.** Permite a las organizaciones estandarizar y racionalizar todas las actividades, sean repetitivas o no, supervisar el progreso de las mismas. Incorpora tecnologías para la definición, el desarrollo y la distribución de reglas y condiciones de los procesos de manera sencilla. Proporciona una metodología “paso a paso” que permiten a personal no estrictamente técnico la distribución de flujos de trabajo.
- **Reduce costos.** Se logra un rápido retorno de la inversión, ROI, al eliminar procesos que consumen tiempo y costosas rutinas manuales, conectando al personal con la información de los procesos: inventarios, material en proceso (Medina & Guadayon, 2010).
- **Mejora la toma de decisiones.** Las tareas se asignan a usuarios, se generan notificaciones de las tareas pendientes. Las tareas permanecen en las listas hasta que se completan, no pueden borrarse o ignorarse. Pueden usarse reglas de tiempo para reasignar una tarea si no se lleva a cabo en el tiempo establecido.
- **Continuidad del proceso.** Las empresas pueden perder eficiencia si la personal falta al trabajo, es reasignado a otro departamento, es despedido o abandona su puesto. Este vacío puede ser costoso, consumir tiempo y dar lugar a retrasos innecesarios.
- **Trazabilidad de las tareas.** Se puede disponer de reglas estrictas sobre la manera de procesar, grabar, divulgar y controlar las actividades de la empresa. Permite el seguimiento de los procesos, de modo que las empresas tengan el control de las actividades del proceso a través del seguimiento de las tareas.

- **Producción flexible.** Permite adaptar el producto a las características y requerimientos de cada empresa. Además, permite realizar tareas imposibles de llevar a cabo de forma manual (Grupo MCR, 2016).
- **Niveles de calidad óptimos.** Permite ejecutar los procesos con un nivel de precisión más elevado que un proceso manual. Las medidas, pesos o mezclas se calculan con la mínima unidad. No se producen ni interrupciones por errores o cambios en el proceso, ni tiempos muertos (Chase *et al*, 2017).
- **Tiempo de producción.** Por la eficiencia y precisión del proceso automatizado, se reduce significativamente el tiempo de producción (Grupo MCR, 2016).
- **Repetición permanente.** En los procesos estables, este se repite continuamente sin alteraciones, lo que permite producir de forma continua con una disponibilidad de 24 horas. Esta ventaja es importante en empresas con estacionalidad en la producción, que presenta incrementos marcados en el tiempo (Grupo MCR, 2016).
- **Seguridad del personal.** Se incrementa la seguridad del personal, especialmente en procesos que incluyen grandes pesos, temperaturas elevadas o entornos peligrosos (con productos químicos nocivos, radioactivos...).

La automatización no solo posee ventajas, sino también desventajas tal como: dependencia tecnológica, requerimiento del personal especializado, costos en la inversión y cambios en la tecnología.



### **2.2.1.2 Tipos de automatización**

“Existen cinco formas de automatizar en la industria moderna, de modo que se deberá analizar cada situación a fin de decidir correctamente el esquema más adecuado” (Leung, 2010).

Los tipos de automatización son:

- a) Control automático de procesos.
- b) El procesamiento electrónico de datos.
- c) La automatización fija.
- d) El control numérico computarizado.
- e) La automatización flexible.

“El control automático de procesos, se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo es el proceso de refinación de petróleo” (Leung, 2010).

El proceso electrónico de datos frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo, en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadores (Dania, 2009).

Un mayor nivel de flexibilidad lo poseen las máquinas de control numérico computarizado. Este tipo de control se ha aplicado con éxito a Máquinas de Herramientas de Control Numérico (MHCN). Entre las MHCN podemos mencionar: fresadoras CNC, tornos CNC, máquinas de electroerosionado, máquinas de corte por hilo, etc (Leung, 2010).

Es conveniente ampliar las características de las tres clases generales de la automatización industrial: automatización fija, automatización programable, y automatización flexible (Salazar, 2003).

La automatización fija, se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Además de esto, otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.

La justificación económica para la automatización fija se encuentra en productos con grandes índices de demanda y volumen.

Según la naturaleza de la energía de mando, la automatización se puede clasificar en: mecánica, neumática, hidráulica, eléctrica y electrónica. Además, existen técnicas mixtas que son combinaciones de las citadas y que, en la práctica, son las más habituales.

#### **a) Automatización mecánica**

Los sistemas mecánicos suelen ser complicados por la abundancia de mecanismos y de escasa flexibilidad. La tecnología que regula su funcionamiento es accesible al personal poco cualificado, lo que se traduce en un montaje y mantenimiento económicos. Los mecanismos son: ruedas dentadas y poleas para transmisiones del movimiento de biela-manivela, piñón-cremallera, etc., para la conversión del movimiento rectilíneo en circular y viceversa; levas y palancas para la obtención de recorridos controlados, etc. Los grandes problemas de la automatización mecánica son: la longitud, en muchas ocasiones, de las cadenas cinemáticas, y, por supuesto, la sincronización de movimientos en los órganos móviles.

### **b) Automatización neumática**

La técnica neumática admite infinidad de aplicaciones en el campo de la máquina herramienta, especialmente en los trabajos de fijación de piezas, bloqueo de órganos, alimentación de máquinas y movimiento lineal de órganos que no requieran velocidades de actuación rigurosamente constantes. Prácticamente la totalidad de las automatizaciones industriales tienen, como elementos de mando, instalaciones neumáticas.

### **c) Automatización hidráulica**

Prácticamente lo escrito para la automatización neumática vale para la hidráulica, aunque con algunas diferencias; por ejemplo, el mando hidráulico es más lento que el neumático, sin embargo, es capaz de desarrollar más trabajo. La hidráulica se prefiere en sistemas que deban desarrollar más trabajo y no sea primordial la velocidad de respuesta. Este tipo de mando lo encontraremos en prensas, diversas máquinas herramientas, y por supuesto, en el automóvil: frenos, dirección e incluso en la suspensión.

### **d) Automatización eléctrica**

Dado que la energía eléctrica está disponible en cualquier instalación industrial, prácticamente cualquier máquina por sencilla que sea, va a tener algún tipo de automatismo eléctrico, encargado de gobernar los motores o como función de mando dentro de la propia máquina. La técnica eléctrica se utiliza para control de movimiento (lineal o angular), en los casos en que se precisan velocidades constantes o desplazamientos precisos. Su gran ventaja es la disponibilidad de una fuente de energía eléctrica en prácticamente cualquier lugar.

Los elementos de mando más comunes son los pulsadores, interruptores, conmutadores, finales de carrera, detectores fotoeléctricos, relés, temporizadores y contactores.

#### **e) Automatización electrónica**

Por supuesto, la llegada de la electrónica a la industria ha supuesto una verdadera revolución y ha permitido que la automatización industrial dé un paso gigante. La base de este avance en la automatización ha sido el sistema digital, que ha desembocado en el ordenador y, naturalmente, en el autómata programable. El tipo de sistema de control electrónico más común, recibe el nombre de controlador secuencial, debido a su forma de actuación.

### **2.2.2 El cacao ecuatoriano y su historia**

El cacao o también conocido como “la pepa de oro”, es originario de las selvas de América Central y del sur, como los Mayas se acentuaron en gran parte de esta región ellos comenzaron a cultivar el cacao, de igual forma la cultura Azteca continuo con la producción de esta fruta. Existieron varias familias ecuatorianas desde la independencia ya se dedicaban al cultivo del cacao (Pontón, 2005).

El cacao "Nacional " ecuatoriano, es muy reconocido y solicitado en el mercado mundial por su excelente calidad y aroma floral. En el mercado mundial del cacao se distingue entre: granos ordinarios ("bulk beans" o basic beans") utilizados para la fabricación de chocolates comunes, y los finos o de aroma ("flavour beans") reconocidos por sus marcadas características de aroma y color sumamente apreciadas en la preparación de chocolates finos, revestimientos y coberturas (Paredes, 2009).

El crecimiento de la producción mundial contribuyó a que el mercado del cacao en grano experimentara fuertes fluctuaciones de precios. Esto, aunado al bajo grado de tecnificación del cultivo y los problemas causados por hongos

(especialmente "escoba de bruja" y monilia), determinó la ruina de numerosos productores y el abandono de grandes áreas de cultivo (Ecuaquímica, 2011).

### **2.2.2.1 Variedades de cacao**

En el Ecuador existen tres variedades de cacao, a continuación, se detalla:

#### **a) El Criollo o Nativo**

Es el cacao genuino y fue bautizado así por los españoles al llegar a México. Se cultiva en América en México, Venezuela, Colombia, Nicaragua, Guatemala, Trinidad, Jamaica y Granada; y en el Caribe en la zona del Océano Índico y en Indonesia. Es un cacao reconocido como de gran calidad, de escaso contenido de tanino, reservado para la fabricación de los chocolates más finos. El árbol es frágil y de escaso rendimiento. El grano es de cáscara fina, suave y muy aromática. Representa, como mucho, el 10% de la producción mundial, se los designa comercialmente como "cacao fino" (Yáñez, 2009).

#### **b) El Forastero Amazónico**

Originario de la alta Amazonia, Brasil y África Occidental, representa el 80% de la producción mundial, se lo denomina Amazónico porque están distribuidos de forma natural en la cuenca del río y sus afluentes.

#### **c) Cacao Nacional**

Esta variedad "nacional", por mucho tiempo se la ha considerado perteneciente a los forasteros, pero se la mantiene como un grupo distintivo aparte, porque sus características de calidad y aroma se asemejan más a los criollos.

Los Híbridos entre los que destaca el trinitario ocupan el 10% al 15% de la producción mundial es un cruce entre el criollo y el forastero, aunque su calidad

es más próxima al del segundo. Como su nombre sugiere, es originario de Trinidad (Yáñez, 2009).

### **2.2.2.2 Clasificación del cacao**

El cacao en grano en el Ecuador por la calidad y aroma, tiene la siguiente clasificación:

- Arriba Superior Summer Plantación Selecta (A.S.S.P.S)
- Arriba Superior Summer Selecto (A.S.S.S)
- Arriba Superior Selecto (A.S.S)
- Arriba Superior Navidad (A.S.N)
- Arriba Superior Época (A.S.E)
- Cacao Nacional (CCN-51)

En la tabla 1 se ilustra los requisitos de calidad del cacao en grano beneficiado según la normativa ecuatoriana NTE INEN 0176:2006.

**Tabla 1 Requisitos de la 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							

**Fuente:** NTE INEN 0176:2006

### 2.2.2.3 Secado y selección de cacao en grano

El principal objetivo del secado del cacao es terminar de desarrollar el sabor a chocolate que inició durante la fermentación, ya que los expertos cacaoteros ecuatorianos recomiendan hacerlo de manera adecuada o sino la fermentación que se hace al cacao como un proceso previo al secado no ha servido para nada ya que la muestra no llegará a tener el sabor deseado.

Los objetivos principales del secado del cacao en grano es reducir la humedad de cosecha de los granos y semillas a niveles seguros para el almacenamiento y óptimos para su comercialización. Secado significa la remoción de cantidades de agua de determinado material, la cual se elimina en una mezcla de aire-vapor, hasta lograr una humedad entre 6,5 y 7,0% al final del proceso (Tinoco & Yomali, 2010).

La humedad no debe estar por arriba del rango mencionado ya que corre el riesgo de la proliferación de hongos durante el periodo que va estar almacenado.

Cuando están demasiados secos los granos se quiebran ante una mínima presión durante la manipulación necesaria para el ensacado. La cascarilla o testa (se refiere a la cubierta que protege los cotiledones) se rompe fácilmente, desprotegiendo a los cotiledones contra el ataque de los hongos e insectos. La presencia de un alto porcentaje de granos quebrados como resultado de la manipulación de los granos muy secos representa defectos importantes de calidad al momento de comercializar.

El proceso de secado cumple un papel muy importante que además de reducir el porcentaje de humedad entre los rangos mencionados anteriormente, también cumple una función muy importante que es la reducción en gran parte de ácido acético o conocido también como vinagre, ingresa al interior de las almendras durante su proceso de fermentación (Wil, 2013).

Durante el secado de las almendras puede ocurrir un problema y es que la velocidad de difusión del vapor de agua se incrementa con el aumento de la temperatura ósea directamente proporcional, ya sea por secado natural a través de la radiación solar o mediante secado artificial, por lo que el secamiento rápido es un fenómeno que aumenta la impermeabilidad de la cascarilla de las almendras que rodea los cotiledones haciendo que sufra una limitación de la evaporación de agua y arrastre de ácido acético. Aunque el ácido acético por su naturaleza es un compuesto volátil, su presión de vapor es notablemente inferior a la del vapor de agua, resultando una menor permeabilidad de la cascarilla por exceso de secado ya sea de tipo natural o a través de secadoras.



#### **2.2.2.4 Tipos de secadores para el cacao en grano**

Existen diferentes formas y técnicas de secado del cacao, pero las más comunes son el secado en forma artificial y de manera natural, siendo el secado de forma natural el más usado en el Ecuador ya que es un secadero al aire libre con plataforma de cemento o también llamado secado en tendales y consiste en poner a secar el cacao en áreas previamente preparadas con cemento, el secado no es uniforme provocando defectos comerciales, para lograr una buena aireación y uniformidad en este tipo de secado es necesario mantener remociones cada media hora (Lérido, 2009).

Las secadoras hechas con plataformas de cemento tiene sus desventajas, pero el método de exposición directa presenta varios inconvenientes, entre ellos, variación de los factores climáticos, la gran cantidad de tiempo requerido para el proceso, el uso intensivo de la labor física y los bajos volúmenes que pueden ser dispuestos en estos lugares, tal como lo manifiesta (Echeverry, 2010), adicional a lo antes mencionado se puede adicionar como desventajas:

- No tiene un secado uniforme del cacao en grano
- Proceso de secado lento en comparación al secado artificial
- Diversos tipos de riesgos laborales al personal que realiza las tareas de secado

##### **a) Secado de cacao natural**

Es el procedimiento más común empleado por los agricultores ecuatorianos, ya que es mediante la utilización de tendales por lo que se aprovecha la energía solar para secar el cacao paulatinamente, pero su uso depende de la época y la zona en donde se requiere secar el cacao en granos ya que puede variar de 5 a 7 días (Blacio, 2013).

Los tendales pueden ser de cemento los cuales deben tener una ligera pendiente para facilitar el drenaje, el otro tipo es de caña picada sobre montículos de arena para lo cual se utilizaba caña de bambú que resulta económico para el productor del cultivo de cacao.

El primer día de secado se aconseja extender los granos en una capa gruesa de unos 8 cm de espesor, para ir disminuyendo su espesor los días siguientes.

En la figura 1 se muestra como es el secado de cacao en una plataforma de cemento o también denominado tendales en el Ecuador.



**Figura 1 Secado de cacao en plataforma de cemento (tendales)**

**Fuente: Elaboración propia**

### **b) Secado artificial de cacao**

La mayor parte de la producción mundial de cacao proviene de países en donde las almendras se secan al sol; sin embargo, en ciertas regiones algunas cosechas coinciden con un periodo de lluvia o con un periodo de humedad intensiva y las almendras deben ser secadas artificialmente, esto ha dado motivo a las construcciones de secadoras mecánicas, la mayoría de las cuales su principio se basan en el paso de aire seco y caliente por la masa del cacao (Will 2013).

Los secadores artificiales son aquellos que utilizan madera, bagazo, GLP y otros derivados del petróleo como combustible. La transferencia de calor se realiza por medio de conducción y convección principalmente. En los secadores artificiales se realiza la convección en forma natural y forzada. Generalmente el proceso de secado se realiza en un recinto cerrado.

El secado artificial del cacao en grano se realiza en zonas donde no es posible realizar el secado natural (secado mediante radiación solar). Mediante el aprovechamiento de la radiación solar que es la fuente de calor más barata y segura para el agricultor, utilizan estructuras como camillas de madera, casa techada con plástico, patios de cemento, entre otros.

En el caso del uso de secado artificial debe iniciarse con una temperatura no mayor a la indicada grados, ya que el grano de cacao se podría tostar o quemar y perder ciertas características sensoriales.

En el secado artificial utilizan medios mecánicos como los silos, en donde se adecuan las condiciones de humedad relativa y temperatura del aire secante.



**Figura 2 Secador de cacao artificial usando un horno de GLP**  
**Fuente: Elaboración propia**

### **2.2.2.5 Limpieza y selección del cacao en grano**

Terminado el secado es conveniente limpiar el producto de impurezas a fin de obtener un producto de mejor calidad y que agrega un mejor valor comercial. Finalmente, la producción debe ser empacada en sacos yute o cabuya y almacenados bajos parámetros técnicos y condiciones ambientales apropiadas.

De acuerdo a los parámetros de calidad del grano del cacao exigidos por la Unión Europea que son los que por lo general se toman como referencia en el comercio internacional del cacao; el tamaño mínimo permitido del grano (calibre) es de un gramo por grano, el porcentaje máximo de humedad del cacao beneficiado será de 7,0% (cero relativo), no debe exceder del 1% de granos partidos, debe estar libre de: olores a moho, humo, ácido butírico (podrido), agroquímicos, o cualquier otro que pueda considerarse objetable (Cocoaquality, 2016).

Por esta razón es importante realizar una adecuada selección del grano de cacao utilizando para ello zarandas construidas de mallas con medidas de orificio de un cm<sup>2</sup> que permita pasar los granos más pequeños y retener los de mayor calibre entre 0.95 a 1.20 dependiendo de las zonas de producción.

### **2.2.3 La revolución industrial**

La revolución industrial sin duda es el proceso de transformación económica, social y tecnológica más grande que ha sufrido el mundo en estos últimos tiempos y que sus inicios se da en la segunda mitad del siglo XVIII en el país de Gran Bretaña y que paulatinamente se fue extendiendo a los países de Europa occidental y a los Estados Unidos de Norte América, y que concluyó entre los años del 1820 y 1840. Durante este periodo se vivió el mayor conjunto de transformaciones económicas, tecnológicas y sociales de la historia de la humanidad (Robotecno, 2017).

Para Simarro (2014), el adjetivo industrial también plantea problemas. Se la ha identificado a menudo con la aparición de un sistema fabril caracterizado por la producción en grandes cantidades y la utilización de maquinaria; pero esta definición resulta restrictiva, pues Gran Bretaña, al industrializarse, experimentó cambios en toda su economía.

#### **2.2.4 La automatización industrial**

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales (Pérez, 2014).

La automatización industrial es posible gracias a la unión de distintas tecnologías, por ejemplo la instrumentación permite medir las variables de la materia en sus diferentes estados de agregación, sólidos, líquidos y gases (eso quiere decir que medimos cosas como el volumen, la masa, la presión etc.), la olehidraulica (Crespo, 2011).

La automatización industrial la encontramos en muchos sectores de la economía, como en la fabricación de: alimentos, productos farmacéuticos, productos químicos, en la industria gráfica, petrolera, automotriz, plásticos, telecomunicaciones entre otros, sectores en los cuales generan grandes beneficios. No solo se aplica a máquinas o fabricación de productos, también se aplica la gestión de procesos, de servicios, a manejo de la información, a mejorar cualquier proceso que lleven a un desempeño más eficiente, desde la instalación, mantenimiento, diseño, contratación e incluso la comercialización (Pérez, 2014).

##### **a) Etapas de la automatización**

Existen diversas etapas de automatización ya que va a depender de los procesos que se requieran automatizar y las características del producto o

materia prima a utilizar, pero para los procesos de instalación de la automatización se sigue la metodología de Iñigo (2012):

Análisis del proceso: Se trata de estudiar el proceso completo y buscar puntos de mejora (preferiblemente en el cuello de botella).

- Búsqueda de soluciones: Hay que buscar elementos sustitutivos para la situación actual: robótica industrial, maquinaria, PLC's, diferentes tipos de automatismos.
- Estudiar los costes de la inversión: Hay que ver cuál de las soluciones nos aporta un retorno de la inversión más rápido, la solución más amortizable, estudiar los costes de los posibles despidos. El beneficio económico y social debe ser mayor que el coste de operación y mantenimiento.
- Instalación: Una vez elegida la solución hay que asegurar su correcta instalación y puesta a punto. Este proceso es delicado porque de él depende en gran medida un resultado óptimo del desarrollo.
- Formar al personal en la mejora: Es posible que haya pequeñas reparaciones, rearmes, cambios de herramientas, etc que pueda realizar un operario. Para ello tendrá que estar formado en la tecnología implementada.
- Comprobación: Una vez está el automatismo en marcha debemos comprobar que funciona como deseamos. Lo normal es que la empresa que nos lo vende nos ofrezca un periodo de tiempo para dar marcha atrás sin coste o con costes muy bajos.

## **2.2.5 Automatización de secado y selección del cacao en el Ecuador**

### **2.2.5.1 Automatización de secadores para cacao**

En Ecuador existen secadores mecánicos dotados con algún grado de automatización, lo que a su vez posibilita obtener un secado del grano con propiedades aceptables; sin embargo, los tiempos de ejecución y el control de las variables, requieren de la automatización más completa en periodos de

tiempo más cortos y con poca intervención del hombre, mejorando la rentabilidad y nivel de vida del pequeño agroindustrial (Anecacao, 2015).

Las trasnacionales que se dedican a la compra del cacao en grano para exportar a sus clientes en otros países, tienen en sus procesos mayor tecnificación, pero no están totalmente automatizados tal como comenta el Ing. Cesar Durazno Gerente de Operaciones de Nestlé Ecuador, siendo esta empresa la mayor exportadora en el país.

Existe en el mundo varios sistemas automatizados para granos como café, maíz, etc., pero no hay mucha bibliografía sobre secadores automatizados de cacao fino de aroma (cacao nativo de Ecuador), existen secadores automatizados de cacao en otros países pero no es el cacao que el Ecuador exporta, ya que es un cacao con diferentes características sensoriales y que al secar y seleccionar en un proceso mecanizado o automatizado se podría perder las características sensoriales así como la calidad del mismo y todos los semielaborados y chocolates ya tendrían el mismo olor y sabor distintivo de los demás productos (Enríquez, 2010).

#### **a) Secadores mecanizados de cacao**

A continuación, se describe los secadores de cacao utilizados en varios países y que en su mayor parte son mecanizados y muy poco automatizados.

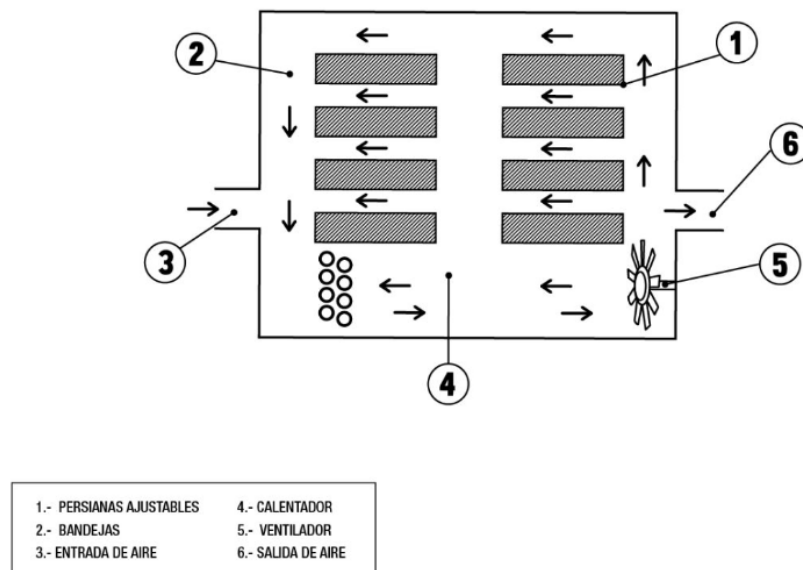
##### **a-1) Secador de bandejas**

En el secador de bandejas, que también se llama secador de anaqueles, de gabinete, o de compartimientos, el material, que puede ser un sólido en forma de terrones o una pasta, se esparce uniformemente sobre una bandeja de metal de 10 a 100 mm de profundidad.

Un secador de bandejas típico se muestra en la figura 3, tiene bandejas que se cargan y se descargan en un gabinete. Un ventilador hace recircular el aire

calentando con vapor paralelamente con la superficie de las bandejas. También se usa calor eléctrico, en especial cuando el calentamiento es más bajo. Más o menos del 10% al 20% del aire que pasa sobre las bandejas es nuevo, y el resto es aire recirculado. Después del secado, se abre el gabinete y las bandejas se reemplazan por otras con más material para secado (Anecacao, 2015).

Una de las modificaciones de este tipo de secadores es el de las bandejas con carretillas, donde las bandejas se colocan en carretillas introducidas al secador. Esto significa un considerable ahorro de tiempo, puesto que las carretillas pueden cargarse y descargarse fuera del secador. En el caso de materiales granulares, el material se puede colocar sobre bandejas cuyo fondo es un tamiz. Entonces, con este secador de circulación cruzada, el aire pasa por un lecho permeable y se obtienen tiempos de secado más cortos, debido a la mayor área superficial expuesta al aire.



**Figura 3 Secador de cacao en bandejas**  
**Fuente: Pontiles (2013)**



### a-2) Secador continuo de túnel

Cuando se desea secar partículas sólidas granulares, pueden utilizarse transportadores perforados o de fondo de tamiz. Los sólidos granulares húmedos se transportan en forma de una capa que tiene entre 25 y 150 mm de profundidad, sobre una superficie de tamiz perforada a través de la cual se fuerza el paso de aire caliente, ya sea hacia arriba o hacia abajo. El secador consta de diversas secciones de serie, cada una con un ventilador y serpentines de calentamiento. Un ventilador adicional extrae cierta cantidad de aire hacia la atmósfera. En algunos casos los materiales en forma de pasta pueden ser preformados en cilindros y colocarse sobre el transportador para secarse.

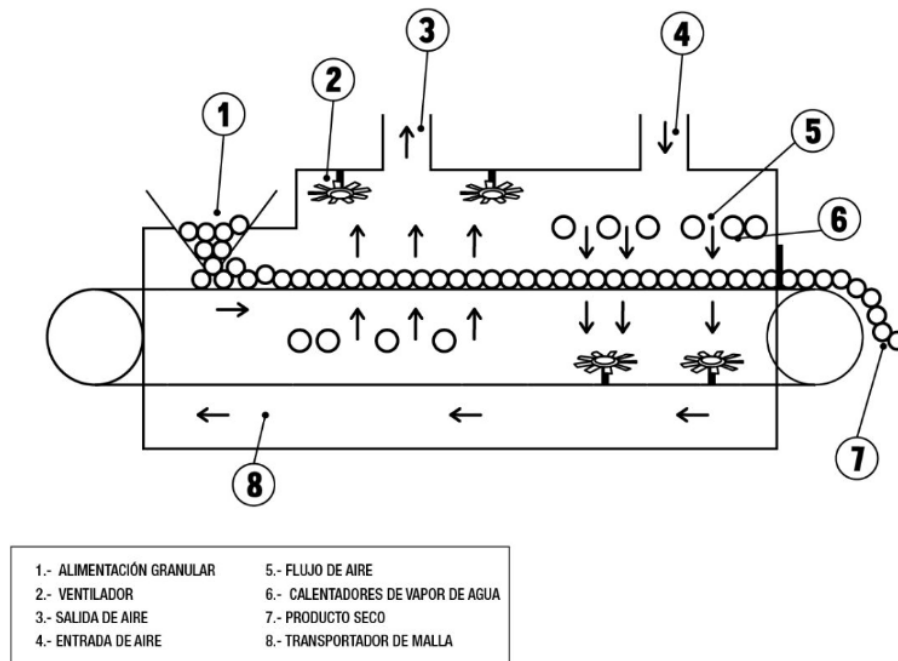


Figura 4 Secador continuo de túnel

Fuente: Pontiles (2013)

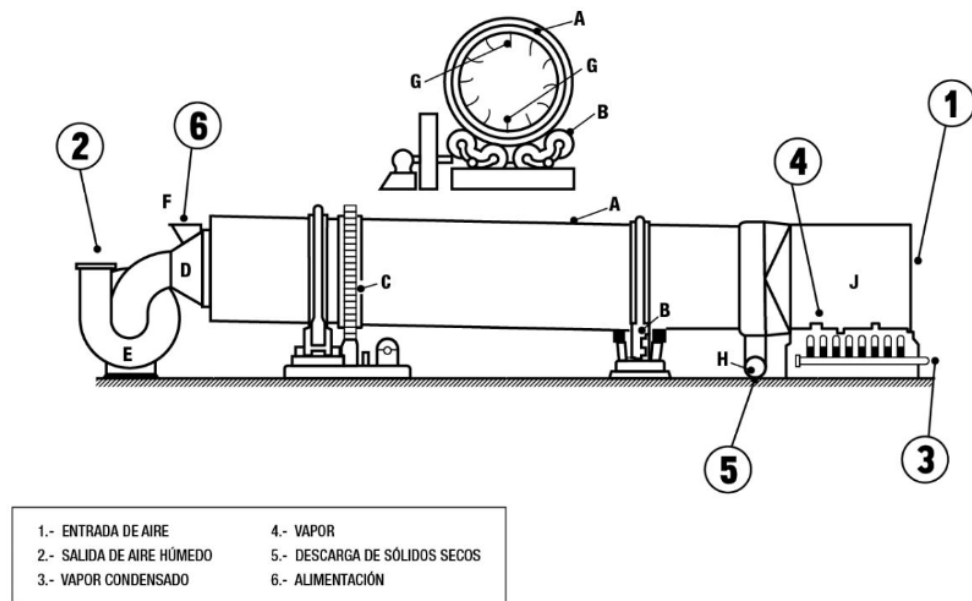
### a-3) Secador rotario

Un desecador rotatorio consiste en un cilindro que gira sobre cojinetes apropiados, teniendo por lo común, una leve inclinación en relación con la horizontal. La longitud del cilindro varía de 4 a más de 10 veces su diámetro, que

oscila entre menos de 0,3 m hasta más de 3 m. Los sólidos que se introducen por un extremo del cilindro se desplazan a lo largo de él, debido a la rotación.

El efecto de la carga y la pendiente del cilindro, se descargan por el otro extremo como producto acabado. Los gases que circulan por el cilindro pueden reducir o aumentar la velocidad de movimiento de los sólidos, según que la circulación del gas sea a contracorriente o siga una corriente paralela con la circulación de los sólidos tal como se muestra en la figura 5.

Las partes de un secador rotatorio con aire caliente en contracorriente son: Carcasa del secador (A), rodillos para el soporte de la carcasa (B), engranaje (C), campana de descarga de aire (D), conducto de alimentación (F), pestañas elevadoras (G), descarga de producto (H) y calentador de aire (J).



**Figura 5 Secador rotatorio**  
Fuente: Pontiles (2013)

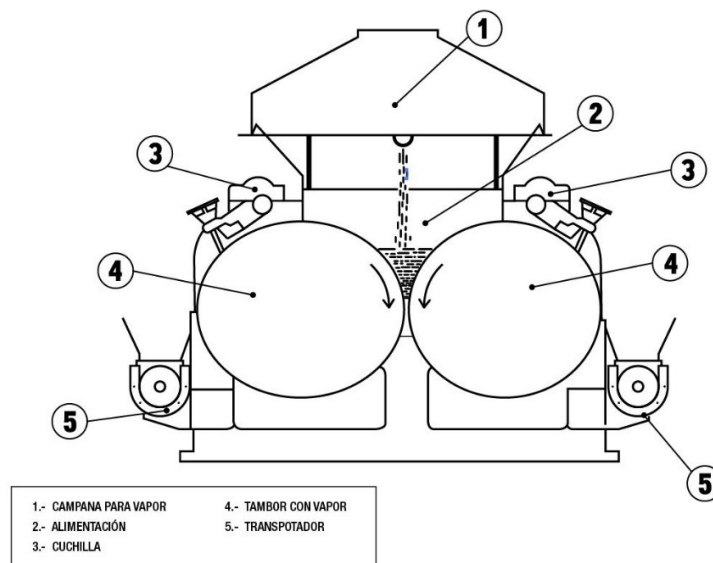
#### a-4) Secador de tambor

Un secador de tambor consiste en uno o más rodillos metálicos calentados, en cuya superficie exterior se evapora hasta sequedad una delgada capa de

líquido. El sólido seco es retirado de los rodillos a medida que éstos giran lentamente.

En la figura 6 se representa un secador de tambor típico, que es una unidad de doble tambor con alimentación central. El líquido de alimentación queda confinado en la parte superior de los dos rodillos y limitado por placas estacionarias. El calor es transmitido por conducción y convección hacia el líquido que es parcialmente concentrado en el espacio comprendido entre los rodillos.

Los secadores de doble tambor son eficaces con disoluciones diluidas, disoluciones concentradas de materiales muy solubles, así como con suspensiones de partículas relativamente finas. No son adecuados para disoluciones de sales de solubilidad baja o para suspensiones de sólidos abrasivos que sedimentan y crean una presión excesiva entre los tambores. (Almazán, 2008)

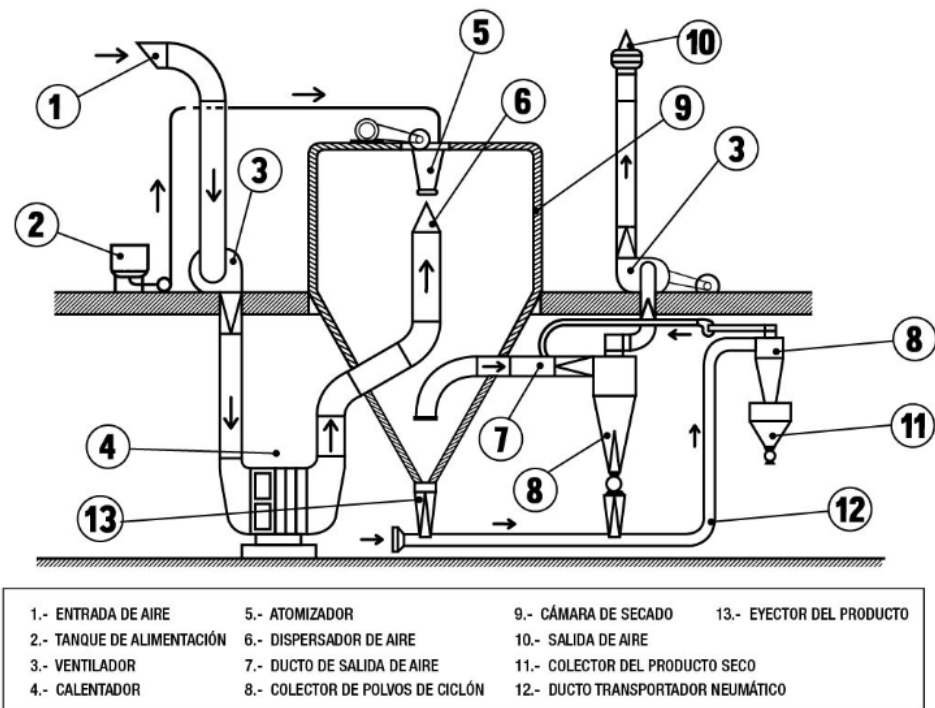


**Figura 6 Secador de tambor**  
**Fuente: Pontiles (2013)**

### **a-5) Secador por aspersion**

Las soluciones, suspensiones y pastas pueden ser secadas mediante su aspersion en pequeñas gotas dentro de una corriente de gas caliente en un

secador por aspersión. En la figura 7 se muestra uno de estos aparatos. El líquido que se va a secar se atomiza y se introduce en una cámara grande de secado, en donde las gotas se dispersan en una corriente de aire caliente. Las partículas de líquido se evaporan rápidamente y se secan antes de que puedan llegar a las paredes del secador; el polvo seco que se obtiene cae al fondo cónico de la cámara y luego es extraído mediante una corriente de aire hasta un colector de polvos. La parte principal del gas caliente también se lleva al colector de polvos, como se muestra, antes de ser desgasado. El secado por aspersión ofrece la ventaja de lograr un secado extremadamente rápido para los productos sensibles al calor, un tamaño y densidad de la partícula de producto que son controlables dentro de ciertos límites y costos relativamente bajos de operación. (Almazán, 2008)



**Figura 7 Secador por aspersión**  
Fuente: Pontiles (2013)

### **2.2.5.2 Automatización de los seleccionadores para cacao**

Antes del almacenamiento para posterior comercialización o fabricación de chocolate, el cacao en grano se debe hacer una selección del mismo, eliminando: granos mohosos, granos partidos, granos dobles, mucilago e inclusive materiales extraños que se pueden incorporar de manera involuntaria en los procesos previas a la selección como es la cosecha, fermentado y secado (Almazán, 2008).

Es de vital importancia para que el cacao tenga una excelente calidad, hay que garantizar que los procesos de cosecha, fermentado y secado cumplan normas de control, para que en la selección se detecte la menor cantidad de material extraño o cacao quebradizo.

Se ha realizado una profunda investigación y lo que ha encontrado son seleccionadoras de cacao con las siguientes características:

#### **a) Seleccionadoras gravimétricas**

Es usado para separar granos de cacao de acuerdo a su peso por gravedad así mismo separa los defectos de forma rápida y mejorar la calidad del producto, entre sus ventajas se puede indicar el manejo simple, consumo mínimo de energía, control de distribución de fluido de aire y mínimo ruido (Escobar *et al*, 2013).



**Figura 8 Seleccionador gravimétrico**  
**Fuente: Pessa (2017)**

#### **b) Seleccionador por tamaño**

Esta máquina ha sido especialmente diseñada para seleccionar los granos de cacao por tamaños. Consta de una base firme sobre el que está suspendido sobre resortes un sistema de vibrado y sobre la cual van posicionadas bandejas con diferente medida de malla que clasifican el grano de cacao según su tamaño. Es fácil de operar y no requiere mayor mantenimiento, de vibración homogénea, produce bajos niveles de ruido y funciona durante horas sin problemas (Escobar et al, 2013), en la figura 9 se muestra seleccionador por tamaño antes descrito.



**Figura 9 Seleccionador por tamaño**  
**Fuente: Escobar *et al* (2013)**

### **2.2.6 Características sensoriales del cacao**

El cacao ecuatoriano es reconocido mundialmente por sus características de color y aroma las mismas que son el determinante principal para la calidad de chocolate y semielaborados.

El Ecuador se ha caracterizado por producir un cacao fino de aroma, el cacao fino de aroma representó alguna vez el 80% de la producción mundial, pero en la actualidad representa el 4% y por eso el interés estatal de fomentar la siembra de cacao fino de aroma.

Para el fabricante de chocolates, la evaluación sensorial es la única prueba confiable para determinar si puede utilizar determinado cacao para sus productos. Esta prueba permite medir, analizar e interpretar reacciones de las características de los alimentos, los cuales son percibidos por los sentidos de la vista, olfato y gusto es decir sabor y aroma (Jiménez, 2003).

### **2.2.7 Seguridad y salud en el trabajo**

La OIT (2014), ha establecido el principio de protección de los trabajadores respecto de las enfermedades y de los accidentes del trabajo. Sin embargo, para millones de trabajadores esto se sitúa lejos de la realidad. Cada año mueren unos dos millones de personas a causa de enfermedades y accidentes del trabajo. Se estima que unos 160 millones de personas sufren enfermedades relacionadas con el trabajo y que cada año se producen unos 270 millones de accidentes laborales mortales y no mortales vinculados con el trabajo. El sufrimiento causado, tanto a los trabajadores como a sus familias, por estos accidentes y enfermedades, es incalculable.

La prevención de riesgos laborales es la disciplina que tiene objetivo promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la identificación, evaluación y control de los peligros y riesgos asociados a un proceso productivo ya sea en la fuente, medio o en la persona y además de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos derivados del trabajo.

Según Cañada *et al* (2009), el accidente suele ser el último eslabón de una cadena de anomalías del proceso productivo a las que muchas veces solamente se presta la atención necesaria cuando el accidente ya se ha producido. Entre estas anomalías podemos encontrar los errores, a veces organizativos, los incidentes, las averías, los defectos de calidad, etc.

### **2.2.8 Los riesgos laborales**

La OIT (2014) considera que los trabajadores en general están expuestos a sufrir daños en su salud debido a las inadecuadas condiciones con las que laboran, y cuando a ellos están todos los factores individuales externos a las áreas laborales a los que también se exponen de manera cotidiana.



El mundo laboral ha sido impactado por el fenómeno de la globalización económica y el desarrollo de la ciencia y tecnología. Esto ha generado cambios en la estructura del empleo y en las condiciones de trabajo, que a su vez ha influido en el surgimiento de nuevos factores de riesgo psicosocial considerados peligrosos tanto para la seguridad y salud de los trabajadores como para la productividad de las empresas.

Todos aquellos agentes de riesgo con los que el sujeto convive día a día y que son percibidos de manera negativa por el propio individuo afectan su salud. Es preciso añadir que no todas las personas perciben de la misma manera las condiciones en que desarrollan su trabajo, respondiendo de manera individual y distinta según la situación a la que se exponga.

Los riesgos laborales son las posibilidades de que un trabajador sufra una enfermedad o un accidente vinculado a su trabajo. Así, entre los riesgos laborales están las enfermedades profesionales y los accidentes laborales. En la siguiente figura 10 se puede visualizar la cadena que se forma cuando se están expuestos a los riesgos laborales (Cocoaquality, 2016)



**Figura 10 Diagrama de la formación de los accidentes laborales**  
Fuente: Elaboración propia

Si se realiza una adecuada gestión de la prevención de riesgos laborales, las empresas y sus colaboradores se anticiparán a los riesgos y serán capaces de minimizar las bajas, accidentes y enfermedades laborales. Pero, además, una buena prevención de riesgos laborales no solo consigue minimizar los daños, sino que también es clave para mejorar la felicidad de los empleados en su día a día y, por ende, mejora su productividad.

Los factores de riesgos laborales se clasifican de acuerdo con las condiciones de trabajo a que hace referencia, y lo clasificamos así:

**Riesgos mecánicos.** Se entiende por riesgo mecánico el conjunto de factores físicos que pueden dar lugar a una lesión por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o fluidos (Tinoco & Yomali, 2010).

**Riesgos físicos:** Son todos aquellos factores ambientales de naturaleza física que al ser percibidos por las personas pueden llegar a tener efectos nocivos según la intensidad, concentración y exposición.

**Riesgos químicos:** Son producidos por procesos químicos y por el medio ambiente. Las enfermedades como las alergias, la asfixia o algún virus son producidas por la inhalación, absorción, o ingestión (Bermúdez, 2012).

**Riesgos biológicos:** Se define el Riesgo Biológico como la posible exposición a microorganismos que puedan dar lugar a enfermedades, motivada por la actividad laboral. Su transmisión puede ser por vía respiratoria, digestiva, sanguínea, piel o mucosas.

**Riesgos ergonómicos:** La ergonomía es la ciencia que busca adaptarse de manera integral en el lugar de trabajo y al hombre. Los principales factores de

riesgo ergonómicos son: las posturas inadecuadas, el levantamiento de peso, movimiento repetitivo. Puede causar daños físicos y molestos.

Este tipo de riesgo ofrece cifras relativamente altas ocupando el 60% de las enfermedades en puestos de trabajos y el 25% se deben a la manipulación de descargas. Cuando levantamos peso la espalda tiene que estar completamente recta y las rodillas flexionadas. Si son trabajos físicos, antes de empezar debemos estirar los músculos y las articulaciones para evitar futuras lesiones (Pilay, 2013).

**Riesgos psicosociales:** Los riesgos psicosociales se derivan de las deficiencias en el diseño, la organización y la gestión del trabajo, así como de un escaso contexto social del trabajo, y pueden producir resultados psicológicos, físicos y sociales negativos, como el estrés laboral, el agotamiento o la depresión. Los efectos en las personas por riesgos psicosociales podemos enunciar los siguientes:

- Estrés
- Fatiga laboral
- Hastío
- Monotonía
- Enfermedades neuropsíquicas
- Psicosomáticas

### **2.2.9 Bases legales**

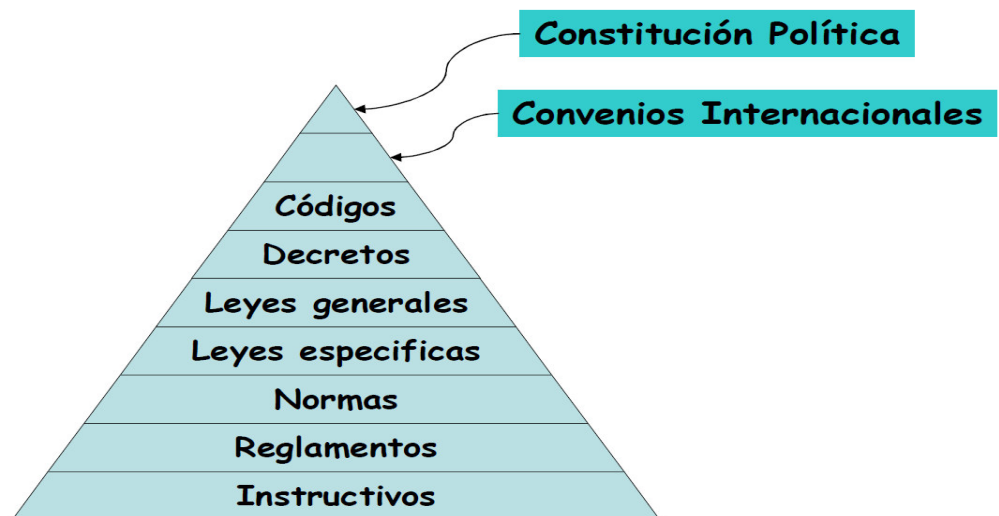
La legislación se basa en el derecho de los trabajadores a un trabajo en condiciones de seguridad y salud, lo que conlleva el deber del empresario para conseguir esa protección.

En estos momentos actuales la importancia de precautelar y salvaguardar la integridad física de las personas que realicen una actividad ya sea de manera

dependiente o independiente, ha tenido una gran acogida por las instituciones y empresas ya sea del sector público o privados, ya que algunos han adoptado sistemas de gestión en seguridad y salud laboral de manera voluntaria como son la Norma OHSAS 18001 y en otras empresas no han cumplido con lo exigido por la actual ley laboral.

Con la finalidad de dar cumplimiento a lo manifestado en la ley ecuatoriana ha provocado que los Organismos de Control vigilen el cumplimiento que ha implementado el estado ecuatoriano para la protección de la seguridad y salud laboral de los trabajadores a través de auditorías planificadas o espontáneas dependiendo de su alcance o estrategia de control.

Las bases legales referentes al proyecto de investigación están aplicadas según el orden y jerarquía tal como que se muestra en la figura 11.



**Figura 11 Escala legal en el Ecuador**  
**Fuente: Elaboración propia**

#### **a) La Constitución del Ecuador 2008**

En la Sección Cuarta (de la salud) se detalla los siguientes artículos legales aplicables en materia de salud como protección al ser humano:

Art. 42.- El Estado garantizará el derecho a la salud, su promoción y protección, por medio del desarrollo de la seguridad alimentaria, la provisión de agua potable y saneamiento básico, el fomento de ambientes saludables en lo familiar, laboral y comunitario, y la posibilidad de acceso permanente e ininterrumpido a servicios de salud, conforme a los principios de equidad, universalidad, solidaridad, calidad y eficiencia.

Art. 44.- El Estado formulará la política nacional de salud y vigilará su aplicación; controlará el funcionamiento de las entidades del sector; reconocerá, respetará y promoverá el desarrollo de las medicinas tradicional y alternativa, cuyo ejercicio será regulado por la ley, e impulsará el avance científico-tecnológico en el área de la salud, con sujeción a principios bioéticos.

Art. 45.- El Estado organizará un sistema nacional de salud, que se integrará con las entidades públicas, autónomas, privadas y comunitarias del sector. Funcionará de manera descentralizada, desconcentrada y participativa.

Art. 326.- Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.

## **b) Convenios Internacionales**

### **b-1) Decisión 584 instrumento andino de seguridad y salud en el trabajo**

Artículo 12.- Los empleadores deberán adoptar y garantizar el cumplimiento de las medidas necesarias para proteger la salud y el bienestar de los trabajadores, entre otros, a través de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

### **b-2) Resolución 957 reglamento del instrumento andino de seguridad y salud en el trabajo**

Artículo 18.- Los empleadores, las empresas, los contratistas, subcontratistas, enganchadores y demás modalidades de intermediación laboral existentes en los Países Miembros, serán solidariamente responsables, frente a los trabajadores, de acuerdo a los parámetros que establezca la legislación nacional de cada País Miembro respecto a las obligaciones y responsabilidades que se señalan en el presente Reglamento.

### **c) Decretos constitucionales**

El Decreto Ejecutivo 2393 (Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo).

Art. 11.- Obligaciones de los empleadores.- Son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas, adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.

### **d) Reglamentos**

El Reglamento de seguridad y salud en el trabajo para obras civiles. En el capítulo III (Levantamiento de cargas) Art. 64.- Levantamiento manual de cargas.- Se entrenará al personal sobre el correcto manejo de levantamiento de cargas, considerando carga máxima a levantar para hombres y mujeres, según normas técnicas específicas:

- Cuando la carga supere los 23 kg debe levantarse entre 2 o más personas dependiendo del peso
- Se deberá evaluar ergonómicamente el levantamiento de cargas según el método internacionalmente reconocido
- A los trabajadores que levantan cargas se les debe realizar exámenes periódicos de la columna

## **CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Hipótesis General**

El automatizado de los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano conservará las características sensoriales y prevendrá los riesgos laborales.

### **3.2 Hipótesis Específicas**

A continuación, se detalla las 3 hipótesis específicas que se usó en la presente investigación:

- a) El proceso de secado del cacao en grano se logrará automatizar sin afectar las características sensoriales.
- b) El proceso de seleccionado del cacao en grano se logrará automatizar separando material no deseado.
- c) La secadora y seleccionadora automática del cacao con componentes seguros podrá prevenir los riesgos laborales.

### **3.3 Identificación de Variables**

Para la formulación de las hipótesis se establecieron las variables independientes y dependientes, a continuación en la tabla 2 se muestra las variables mencionadas objeto de esta tesis.

**Tabla 2 Matriz de identificación de las variables**

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)	INDICADOR (VI)	VARIABLE DEPENDIENTE (VD)	INDICADOR (VD)
El proceso de secado del cacao en grano se logrará automatizar sin afectar las características sensoriales	La secadora de cacao en grano automática	SI / NO	Las características sensoriales del cacao ecuatoriano	< 1 Tostado < 2 Amargo 0 Quemado ≥ 2 Chocolate ≥ 1 Frutal ≥ 1 Floral Color natural
El proceso de selección del cacao en grano se logrará automatizar separando material no deseado	La seleccionadora de cacao en grano automática	SI / NO	Material no deseado en el cacao	% de impurezas
La secadora y seleccionadora automática del cacao con componentes seguros podrá prevenir los riesgos laborales	La secadora y seleccionadora de cacao automática con componentes seguros	SI / NO	Los riesgos laborales	Riesgo Crítico Riesgo Alto Riesgo Medio Riesgos Bajo

**Fuente: Elaboración propia**



### **3.4 Operacionalización de las Variables**

Una vez determinada las variables de estudio, el siguiente paso es la operacionalización de las mismas, el cual constituye la determinación de los indicadores que nos permitió cuantificar, y de esta manera poder medir los resultados obtenidos.

En la operacionalización de las tres variables se calculó de la manera como se muestra en la tabla 3 y 4, en la hipótesis principal no consta las variables dependientes e independientes ya que con la verificación de las hipótesis específicas se puede aceptar o rechazar la hipótesis principal.

**Tabla 3 Matriz de Operacionalización de Variables Independientes**

Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
La secadora de cacao en grano automática	SI / NO	El secado es un proceso muy clave, ya que si no llega a un punto óptimo de secado podrán proliferar los microorganismos, o parámetros por debajo de lo óptimo podrán alterar las características sensoriales (Paredes, 2009)	Se realizó las siguientes actividades: Determinar el tipo combustible idóneo para la secadora, Realizar estudio de los materiales a utilizar, Determinar la humedad del cacao y validar el método de la termobalanza (método más rápido de determinar la humedad en comparación al método estufa)
La seleccionadora de cacao en grano automática	SI / NO	Finalizada el proceso de secado hay que seleccionar el cacao, siendo una de los procesos muy claves ya que en los demás procesos se pueden adherir materiales extraños que pueden afectar su calidad (Paredes, 2009)	Se realizó las siguientes actividades: Efectuar el estudio de materiales extraños que se pueden adherir en todas las etapas del cacao en grano hasta llegar al proceso de secado
La secadora y seleccionadora de cacao automática con componentes seguros	SI / NO	Los equipos que usan energía y combustible o que están en continuos movimientos pueden generar riesgos y enfermedades laborales que pueden ocasionar daños irreversibles en los colaboradores (OIT, 2014)	Se realizó estudios de seguridad en maquinaria y tipos de energías de los equipos automatizados antes de su elaboración

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 4 Matriz de Operacionalización de Variables Dependientes**

Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Las características sensoriales del cacao ecuatoriano	< 1 Tostado < 2 Amargo 0 Quemado ≥ 2 Chocolate ≥ 1 Frutal ≥ 1 Floral Color natural	Para el fabricante de chocolates, la evaluación sensorial es la única prueba confiable para determinar si puede utilizar determinado cacao para sus productos. Permite medir, analizar e interpretar reacciones de las características de los alimentos percibidos por los sentidos de la vista, olfato y gusto (Jiménez, 2003).	Mediante un panel sensorial calificado se realizó evaluaciones de las características sensoriales del cacao secado por el sistema automatizado versus el secado manual para determinar si hubo afectación
Material no deseado en el cacao	% de impurezas	Durante la cosecha de las semillas no puede evitarse totalmente un sinnúmero de materiales extraños como por ejemplo residuos de la corteza, y de frutos, en los patios de secado donde se suman piedras con pedazos de tallos, vainas, basuras, semillas inmaduras, semillas de malezas (Almazán, 2008).	Se realizó pruebas en campo usando la clasificadora automática y luego esos lotes de cacao clasificados con inspeccionados por un grupo de clasificadores con experiencia para medir la efectividad del equipo
Los riesgos laborales	Riesgo Crítico Riesgo Alto Riesgo Medio Riesgos Bajo	Los riesgos laborales son las posibilidades de que un trabajador sufra una enfermedad o un accidente vinculado a su trabajo. Los trabajadores en general están expuestos a sufrir daños en su salud debido a las inadecuadas condiciones con las que laboran (OIT, 2014)	Mediante el uso de técnicas reconocidas se valida los riesgos laborales de los procesos de secado y seleccionados de manera manual y automatizado para comparar la prevención de los riesgos asociados

**Fuente: Elaboración propia**

### **3.5 Matriz de Consistencia**

En la tabla 5 se muestra la matriz de consistencia del proyecto de investigación realizado:

**Tabla 5 Matriz de Consistencia**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR (VI)	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR (VD)
<b>Principal</b>	<b>General</b>	<b>General</b>				
¿Cómo se automatiza los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano sin alterar sus características sensoriales y que prevenga los riesgos laborales?	"Automatizar los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano conservando las características sensoriales y previniendo riesgos laborales"	El automatizado de los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano conservará las características sensoriales y prevendrá los riesgos laborales				
<b>Secundarios</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>				
¿Cuáles son las características técnicas para elaborar una secadora automática que conserve las características sensoriales?	Elaborar una secadora automática para el cacao ecuatoriano que conserve sus características sensoriales	El proceso de secado del cacao en grano se logrará automatizar sin afectar las características sensoriales	La secadora de cacao en grano automática	SI / NO	Las características sensoriales del cacao ecuatoriano	< 1 Tostado < 2 Amargo 0 Quemado ≥ 2 Chocolate ≥ 1 Frutal ≥ 1 Floral Color natural
¿Cuáles son las características técnicas para elaborar una seleccionadora automática que separe material no deseado?	Elaborar una seleccionadora automática para el cacao que separe los materiales no deseados	El proceso de seleccionado del cacao en grano se logrará automatizar separando material no deseado	La seleccionadora de cacao en grano automática	SI / NO	Material no deseado en el cacao	% de impurezas
¿Qué componentes técnicos debe tener una secadora y seleccionadora automática para prevenir riesgos laborales?	Elaborar una secadora y seleccionadora automática de cacao que contenga componentes técnicos seguros para prevenir riesgos laborales	La secadora y seleccionadora automática del cacao con componentes seguros podrá prevenir los riesgos laborales	La secadora y seleccionadora de cacao automática con componentes seguros	SI / NO	Los riesgos laborales	Riesgo Crítico Riesgo Alto Riesgo Medio Riesgos Bajo

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.6 Tipo y Diseño de Investigación

El presente estudio se planteó como una **investigación aplicada, explicativa, y semi-experimental** proporcionando un perfil detallado de un evento, condición o situación.

La investigación fue **aplicada** porque a partir del conocimiento de las problemáticas con las enfermedades y accidentes laborales ocurridos en las tareas de secado y selección de cacao en la empresa Nestlé Ecuador, y que los mismos problemas enfrentan las demás empresas que operan en el país. Estas investigaciones no ponen en cuestión el conocimiento básico de la ciencia, sino que la aplica a un caso particular, los investigadores no pretenden descubrir novedades científicas, sino aplicar las leyes generales a un problema en particular.

La investigación fue **explicativa** porque (Bernal, 2016) “Cuando una investigación se plantea como objetivos estudiar el porqué de las cosas, los hechos, los fenómenos o las situaciones. En las investigaciones explicativas se analizan causas y efectos de la relación entre variables”. En base a ello, la investigación fue explicativa porque determinó de qué modo al automatizar los procesos de secado y selección del cacao van reduciendo los riesgos laborales asociados.

La investigación es **semi-experimental** porque se manipula deliberadamente al menos un variable estudio, en la presente investigación se manipuló la temperatura del secador automático y los RPM (Revoluciones por Minuto) para no sobrecalentar los lotes de cacao y evitar las pérdidas de las características sensoriales.

### 3.7 Unidad de Análisis

La unidad de análisis para la presente investigación son los lotes de cacao en grano que compra la empresa Nestlé Ecuador para la elaboración de chocolates, y también para la exportación a otras plantas productoras que tienen en diversos países.

### 3.8 Población de Estudio

La población de estudio son los diversos lotes de cacao en grano que son comprados por Nestlé Ecuador para la producción de chocolates y para la exportación a otras plantas productoras en otros países.

### 3.9 Tamaño de la Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se consideró los lotes de cacao que fueron adquiridos por Nestlé Ecuador para exportación ya que sus características sensoriales son más altas que el cacao que se queda para consumo nacional, aplicando la siguiente fórmula (Corral y Franco, 2015).

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{(N-1)E^2 + Z^2 \times p \times q}$$

En donde:

$n$ : Tamaño de la muestra

$N$ : tamaño de la población

$E$ : Margen de error estimado

$Z$ : Distribución estándar de acuerdo al nivel de significancia

$p$ : Proporción de la variable positiva

$q$ : Proporción de la variable negativa

Considerando una población de 22 lotes de cacao en grano que fueron adquiridos por Nestlé Ecuador para la exportación, asumimos que  $p = q = 0,5$ . Para un nivel de confianza del 95%, de tablas de distribución de probabilidad normal (Quezada, 2015), se obtiene que  $Z = 1,96$ . Por tanto, el valor de la muestra “ $n$ ” se calculará con los siguientes valores:

$$Z = 1,96$$

$$p = 0,50$$

$$q = 0,50$$

$$E = 0,05$$

$$N = 25$$

Reemplazando los valores en la formula antes mencionado se tiene lo siguiente:

$$n = \frac{(22) \times (1,96)^2 (0,5) * (0,5)}{(25-1)(0,05)^2 + (1,96)^2 * (0,5) * (0,5)}$$

$$n = 20,4 \text{ lotes de cacao}$$

El tamaño de la muestra para determinar si se conserva las características sensoriales en el cacao mediante la automatización, es de 20 lotes de cacao que fueron adquiridos por Nestlé Ecuador.

### **3.10 Selección de la Muestra**

La selección de muestra fueron lotes de cacao comprados por Nestlé Ecuador de manera aleatoria a los proveedores que están calificados bajo la política de la empresa.



### **3.11 Técnicas de Recolección de Datos**

Para la recolección de datos es necesario realizar en las siguientes fases:

- a) Elaboración de la secadora automática: Para recolectar datos se usó una balanza digital previamente calibrada y para la lectura de la humedad una estufa y termobalanza, en el capítulo 4 se indica a detalle la validación del método.
- b) Elaboración de la seleccionadora automática: Para recolectar datos se usó una balanza digital calibrada y un equipo técnico de clasificadores conformado por tres personas con experiencia.
- c) Características sensoriales: Para obtener los datos se requirió la participación de un panel sensorial que fueron previamente entrenados por Nestlé Suiza (casa matriz), están conformados por un responsable del panel y 3 panelistas para formar un consenso.
- d) Riesgos laborales: Para la recolección de los datos se necesitó la aplicación de metodologías validadas internacionalmente como “Análisis Modo de Falla” y expertos en seguridad y salud ocupacional.

## **CAPITULO 4: AUTOMATIZACIÓN, CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y RIESGOS LABORALES**

En el presente capítulo 4 se va a describir detalladamente los mecanismos utilizados para la automatización del secador y seleccionador del cacao, la determinación de las características sensoriales y la evaluación de los riesgos laborales asociados a los dos procesos mencionados.

### **4.1 Automatización de la secadora**

El proceso de secado debe hacerse en forma lenta y gradual, con el secado violento, no se logra un secado uniforme y se interrumpe la hidrólisis enzimática de las antocianinas generando almendras púrpuras que le confieren un sabor astringente, a la vez se endurece rápidamente la testa o cascarilla la cual una vez seca impide la salida o difusión de los ácidos volátiles que se concentran en la almendra generando almendras ácidas (Ramos, 2004), durante el secado ciertas reacciones de formación del aroma de chocolate finalizan y otras reacciones prosiguen para así la calidad final del producto. De igual manera Enríquez (1995), argumenta que durante este proceso cambian los colores de las almendras, apareciendo el color marrón o pardo, típico del cacao fermentado y secado correctamente.

El mecanismo más tradicional de secado del cacao en grano es en superficie de cemento o también denominado tendales, es debido a que la fabricación de un tendal tiene costos muy bajos y fáciles de elaborar, el secado del cacao en grano mediante tendales consiste en regar el cacao salido de la mazorca y es esparcido en el Tendal y cada cierto tiempo se tiene que mover para homogenizar el secado y es mediante el aprovechamiento de la energía solar por lo que no hay desechos peligrosos generados en la operación y solo se generan desechos orgánicos inofensivos para el medio ambiente. Los desechos orgánicos generados en la operación de secado en tendales son aprovechados para la

generación de abono y luego insertado nuevamente en el terreno para la carga de nutrientes que son absorbidos por las plantas para su crecimiento y la reproducción de semillas.

En las figuras 12 y 13 se puede observar el proceso de secado, todos los procesos son manuales y no existe la ayuda mecánica, las únicas herramientas que se usan son elaboradas de madera o metálicas para el movimiento y recolección del cacao.



**Figura 12 Secado de cacao de manera manual (recolección de cacao en sacos)**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 13 Secado de cacao de manera manual (secado en tendales)**  
**Fuente: Elaboración propia**

Las deficiencias de esta metodología de secado es el tiempo de secado ya que va a depender de las condiciones climáticas y también los colaboradores se exponen a altos riesgos laborales asociados como son los riesgos físicos, biológicos, ergonómicos, etc.

Para diseñar un sistema idóneo de secado para el cacao en grano primeramente hay que tener claro los principios activos, componentes, nutrientes y otros elementos presentes que están en el cacao con la finalidad de que no se pueda perder, también es importante estudiar los materiales y equipos que se van usar para automatizar los procesos y principalmente en alimentos ya que si seleccionamos el material o equipo no idóneo podrían fácilmente contaminar el producto y producir daño a las personas que ingieren dicho alimento. A parte de lo mencionado también hay que hacer un estudio el tipo de energía que se utilizar para mover el equipo ya que podrían también influir en la contaminación del producto, en la eficiencia y eficacia de los equipos automatizados. (Ponsa & Granoller, 2013).

En el Ecuador existen varios mecanismos de secado que van desde el secado tradicional hasta un proceso parcialmente mecanizado, al momento de seleccionar el mecanismo de secado va a depender de múltiples factores como son:

- Acceso a la tecnología
- Condiciones climáticas
- Costos en sus operaciones
- Conocimientos técnicos
- Cantidad y calidad de cacao a secar
- Normativas locales, etc

### **4.1.1 Combustible para la secadora**

Existen varias fuentes de combustibles que se pueden suministrar a un equipo de secado y entre ellas tenemos las más comunes y utilizadas como son los derivados de petróleo como: diésel, gasolina, gas licuado de petróleo, bunker, etc.

Para la selección del combustible idóneo para ser usado en la secadora automática se realizaron los cálculos respectivos para determinar la eficiencia de los equipos usando como combustible a base de diésel y gas licuado de petróleo.

#### **4.1.1.1 Secador a base de diésel**

Un secador a base de diésel tiene algunas ventajas y desventajas, entre las ventajas más sobresalientes es la manipulación segura ya que el combustible mencionado tiene un bajo punto de inflamabilidad y grado de explosividad, además en caso de una fuga es fácil de recolectar si el recipiente está dentro de un contenedor con un volumen superior al 100% al volumen del recipiente que está el diésel, normalmente en las normativas internacionales de almacenamiento y transporte de productos químicos peligrosos indica que lo recomendable es un volumen del 110%.

La desventaja de usar diésel es que, si no existe un buen control en el proceso de secado, es que podría contaminar el cacao en el secado y es fácilmente detectado en las características sensoriales con su sabor característico a combustible.

##### **a) Determinación del consumo de energía**

La humedad del cacao depende del contenido de agua presente en cacao y se debe secar hasta llegar a una humedad de  $7\pm 0,5\%$ , el tiempo que se emplea y el porcentaje de agua que se extrajo del cacao es el peso perdido por eficiencia

del equipo, en la ecuación 1 (Miranda, 2009) se muestra mediante un ejemplo teniendo un 35% de humedad inicial y se requiere llevar esa muestra de cacao a un 7% de humedad final, considerando la capacidad instalada de la planta para procesar 3,0 Ton de cacao por hora, con 7 % de humedad final, el cálculo se realizará de la siguiente manera:

Po (peso inicial) = 4,3 Toneladas (Ton) = 35% de humedad

P1 (peso final) = 3,0 Ton = 7% de humedad

*Peso inicial (Po) – Peso final(P1) = Eficiencia del secador* [Ecuación 1]

$$4,3 \frac{\text{Ton}}{h} - 3,0 \frac{\text{Ton}}{h} = 1,3 \frac{\text{Ton}}{h}$$

$$\frac{1,3 \text{ Ton}}{h} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Ton}} = 1330 \text{ kg/h}$$

### **b) Determinación del consumo de combustible**

El combustible que consume un secador es mediante un quemador que funciona a diésel. Los secadores que usan el diésel como combustible usan tanques para su almacenamiento, los tanques son de hierro y que no deben contener oxidación tanto su parte interna como la externa, antes de poner en operación se debe comprobar su hermeticidad mediante técnicas conocidas y validadas.

Para calcular el combustible consumido en secar las 4,3 toneladas con humedad inicial del 35% y después del proceso debe quedar el cacao en grano al 7% de humedad que es el porcentaje idóneo para el almacenamiento seguro o la fabricación de chocolates, se debe calcular la diferencia de altura del combustible consumido y aplicar la ecuación 2 (Miranda, 2009) correspondiente de un cilindro sí que el tanque tiene esta forma.

Formula:

$$\text{Volumen (V)} = \frac{\pi}{4} (D^2) \left(\frac{h}{t}\right) \quad [\text{Ecuación 2}]$$

Donde:

D=Diámetro en centímetros (cm)

h = Altura en centímetros (cm)

T = tiempo en horas (h)

Datos:

Diámetro del tanque es = 60 cm

Altura del diésel antes de secar = 80 cm

Altura del diésel después de haber secado = 32 cm

Considerando una jornada de 7,5 horas

$$\text{Vol.} = \frac{\pi}{4} (60\text{cm})^2 * 48\text{cm} = \frac{135712,8 \text{ cm}^3}{7,5 \text{ h}} = 18095,04 \frac{\text{cm}^3}{\text{h}}$$

$$\text{Lo que también equivale a decir} = \frac{18095,04\text{cm}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{L}}{1000 \text{ cm}^3} = 18,10 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

$$\rho_{\text{diésel}} = 0,82 \frac{\text{kg diésel}}{\text{L}}$$

$$\frac{18,10 \text{ L}}{\text{h}} \times \frac{0,82 \text{ kg diésel}}{\text{L}} = 14,84 \frac{\text{kg diésel}}{\text{h}}$$

### c) Determinación del flujo calorífico

Para calcular el flujo calorífico se aplica la ecuación 3 (Miranda, 2009) es importante conocer el potencial calorífico del diésel (10700 Kcal/kg de diésel)

$$\text{Flujo Calorífico} = \frac{\text{Potencial Calorífico}}{\text{Consumo de Combustible}} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

$$10700 \frac{\text{kcal}}{\text{kg de diésel}} \times 14,84 \frac{\text{kg de diésel}}{\text{h}} = 158681 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

El potencial calórico en función del consumo de combustible es:

$$\frac{158681 \frac{kcal}{h}}{14,84 \frac{kg \text{ diésel}}{h}} = 10692,8 \frac{kcal}{kg \text{ diésel}}$$

#### d) Determinación del caudal de aire

Si se dispone los datos de la cantidad de agua evaporada en el proceso de secado en una secadora usando el diésel como combustible y también si se conoce el dato del consumo energético, se puede usar la ecuación 4 (Miranda, 2009) para conocer la cantidad de aire que se va inyectar en el proceso con una temperatura establecida.

Formula:

$$\text{Caudal} = \frac{\text{consumo enegético} \left( \frac{kcal}{h} \right)}{(\Delta T \times 17)} \quad [\text{Ecuación 4}]$$

Donde:

$\Delta T$  = es la diferencia entre la temperatura del aire secado con la temperatura del ambiente

17 = es la Constante de Foster

Datos:

Temperatura del aire secado = 60 °C

Temperatura del ambiente = 27 °C

$$\text{Caudal} = \left( 14,84 \frac{kg \text{ diésel}}{h} \right) \left( 10700 \frac{kcal}{kg \text{ diésel}} \right) = 158788 \frac{kcal}{h}$$

$$\frac{158788 \frac{kcal}{h}}{(60 - 27)^\circ C * 17 \frac{kcal * min}{^\circ C * h * m^3}} = 283,05 \frac{m^3}{min} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times 7,5 \text{ h} = 127372,5 \text{ m}^3$$



### e) Determinación de la potencia

La potencia es una unidad de energía que se usa para mover el ventilador que impulsa el aire caliente hacia la secadora, el ventilador del aire para el quemador y la bomba del combustible (diésel), para ello se usa la ecuación 5 (Miranda, 2009)

Formula:

$$P = V \times A$$

[Ecuación 5]

Donde:

P = Potencia eléctrica (kW)

V = voltaje (voltios)

A = corriente eléctrica (amperios)

Datos:

V1 = 220 V para la potencia del ventilador

V2 = 110 V para la potencia del quemador

A1 = 18 amperios para la potencia del ventilador

A2 = 7,5 amperios para la potencia del quemador

P1 = (220 V)\*(18 A) = 3960 W = 3,96 kW/7,5 h = 0,528 kW/h

P2 = (110 V)\*(7,5 A) = 825 W = 0,825 kW/7,5 h = 0,11 kW/h

### f) Determinación de la eficiencia del secador

La eficiencia de un secador se determina mediante la ecuación 6 (Miranda, 2009) y es la estrecha relación entre la kcal mínima que se requiere para evaporar el agua que contiene el cacao en grano con la kcal consumida realmente.

Formula:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

[Ecuación 6]

Donde:

Q = Calor consumido para secar el cacao (eficiencia del secador)

m = masa

cp = calor específico

$\Delta T$  = es la diferencia entre la temperatura del aire secado con la temperatura del ambiente

Datos:

volumen = 127372,5 m<sup>3</sup> = 1273172500 L

cp del aire = 1,007kJ(kg.°C)

$\Delta T$  = 33

$\rho_{\text{aire}} = 1,29 \frac{g}{L}$

Determinando la masa de aire:

$$m_{\text{aire}} = 1,29 \frac{g}{L} \times 1273172500 \text{ L} = 164310,5 \text{ kg aire}$$

Determinado el calor consumido para secar el cacao ( $Q_1$ ):

$$Q_1 = m * C_p * \Delta T$$

$$Q_1 = 164310,5 \text{ kg aire} \times 1,007 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C} \times 33^\circ C = 5460202,2 \text{ kJ}$$

$$Q_1 = 5460202,2 \text{ kJ} \times \frac{1 \text{ kcal}}{4,1868 \text{ kJ}} = 1304146,9 \text{ kcal}$$

El calor que se pierde con el caudal de aire es:

$$Q_2 = 158788 \text{ kcal}$$

La eficiencia del secador utilizando diésel es:

$$\eta = \frac{1304146,9 - 158788}{1304146,9} = 0,878 = 88 \%$$

#### **4.1.1.2 Secador a base de Gas Licuado de Petróleo**

El secador usado con GLP es el mismo que a base de diésel, los combustibles son diferentes y el GLP también tiene sus ventajas y desventajas, la mejor ventaja es que no existe contaminación cruzada con el cacao durante el proceso de secado ofreciendo garantías en las características sensoriales del cacao, pero en términos de seguridad industrial es muy riesgoso manipular el GLP sino se cuentan con el equipo apropiado, el personal capacitado y entrenado, un dato muy importante que se puede mencionar es que el GLP líquido tiene un poder detonante de 276 veces más poderoso que el GLP en su estado gaseoso.

El GLP es suministrado por medio de una bombona de gas y para el abastecimiento, mantenimiento e instalación debe cumplir con la NTE-NEC-SE-IG 26-11 INSTALACIONES DE GASES COMBUSTIBLES PARA USO RESIDENCIAL, COMERCIAL E INDUSTRIAL. La norma técnica tiene por objetivo suministrar el conocimiento técnico en seguridad industrial para una instalación centralizada de GLP con la finalidad de evitar accidentes, incendios y explosiones.

Las instalaciones centralizadas de GLP o también denominadas bombonas de gas cumplen normativas internacionales como es el tipo de material, soldadura y la prueba de hermeticidad.

La tubería que conduce el GLP desde la bombona hasta el quemador puede ser de Polietileno, Polietileno-Aluminio-Polietileno, Cobre, Acero, Acero inoxidable rígido y Acero inoxidable corrugado, el tipo de tubería va a depender si es enterrada o si al exterior aire libre.

Las características técnicas y el cumplimiento de la exigencia en la normativa van a depender de la cantidad de GLP que se va almacenar y las distancias de

seguridad con la vecindad, escuelas, iglesias, centros de distracción o de concurrencia masiva, etc.

Las tuberías que conducen GLP una vez instaladas se deben hacer una prueba es estanquidad que es un conjunto de tuberías fijas sometidas a una misma presión, cualesquiera que sean éstas, ya sean anteriores o posteriores al contador y con un manómetro de rango de presión suficiente.

En siguiente figura 14 se puede observar la forma que tiene una bombona de gas que se comercializa en el Ecuador.



**Figura 14 Bombona de GLP**

**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 15 se muestra una secadora de plataforma estática que usa como combustible el gas licuado de petróleo (GLP).



**Figura 15 Secadora estática usando GLP como combustible**  
**Fuente: Elaboración propia**

**a) Determinación del consumo de energía**

Para determinar el consumo de energía se procede a secar un lote de cacao con la misma humedad (35%) que se usó en una secadora a base de diésel y el secado final a humedad de 7%.

Po (peso inicial) = 4,3 Toneladas (Ton) = 35% de humedad

P1 (peso final) = 3,0 Ton = 7% de humedad

$$Peso\ inicial\ (Po) - Peso\ final\ (P1) = Eficiencia\ del\ secador \quad [Ecuación\ 1]$$

$$\frac{(100 - 7)}{(100 - 35)} \times \frac{3.0\ Ton}{h} = 4,3\ Ton/h$$

$$4,3 \frac{Ton}{h} - 3,0 \frac{Ton}{h} = 1,3 \frac{Ton}{h}$$

$$\frac{1,3\ Ton}{h} \times \frac{1000\ kg}{1\ Ton} = 1330\ kg/h$$

Los 1330 kg/h es el poder de evaporación

### b) Determinación del consumo de combustible

La bombona de gas usado en las pruebas tiene la capacidad de almacenar 2000 kilos de GLP, el GLP está en la bombona descansa en forma líquida, pero el consumo es en medio gaseoso.

El consumo de GLP es determinado por un equipo que mide el volumen de GLP antes de iniciar el secado y al final del mismo, el consumo de GLP fue de 90 litros y para determinar su consumo se aplica la ecuación 7 (Miranda, 2009).

$$\rho_{(densidad)} = \frac{Masa}{Volumen} \quad \text{[Ecuación 7]}$$

$$\rho_{GLP} = 0,82 \frac{kg \text{ GLP}}{L}$$
$$\frac{90 \text{ L}}{h} \times \frac{0,82 \text{ kg GLP}}{L} = 73,80 \frac{kg \text{ GLP}}{h}$$

### c) Determinación del poder calorífico

Potencial calorífico del GLP es 10830Kcal/kg

Poder calorífico = (Potencial calorífico)\*(Consumo de combustible) [Ecuación 8]

$$10830 \frac{kcal}{kg \text{ de GLP}} \times 73,80 \frac{kg \text{ de GLP}}{h} = 799254 \frac{kcal}{h}$$

### d) Determinación de la eficiencia del secador

La eficiencia de un secador a base de GLP se puede calcular mediante la ecuación 9 (Miranda, 2009).

$$\eta = \frac{(Kg \text{ de agua evaporada}) \cdot (calor \text{ latente del agua } (\frac{kcal}{kg \text{ agua}}))}{(kg \text{ de combustible utilizado}) \cdot (poder \text{ calorífico del combustible } (\frac{Kcal}{kg \text{ GLP}}))} \times 100 \quad \text{[Ecuación 9]}$$

Se debe secar 4,3 toneladas de cacao en grano con una humedad inicial del 35% para lograr tener una humedad final del 7%, y para tener esta humedad el equipo consumió GLP 90 litros, cuyo poder calorífico es 10830 kcal/GLP.

1 Litro de GLP/h = 0,78 kg gas/hora = 1,54 litro/hora

Agua evaporada

$$\frac{(35 - 7)}{(100 - 7)} \times 100\% = 30,108\%$$

El 30,108 % de las 4.3 toneladas de cacao es 1294,64 kg de agua

$$\eta = \frac{(1294,64 \text{ kg de agua}) * (600,94 \frac{\text{kcal}}{\text{kg de agua}})}{(73,80 \text{ kg GLP}) * (10830 \frac{\text{kcal}}{\text{kg GLP}})} = 0,9734$$

El aprovechamiento de este equipo es 97,3 %.

#### 4.1.2 Determinación de la humedad del cacao en grano

La humedad en el cacao en grano es una de las características más importantes en el proceso de secado, llegar al punto correcto y mantener el equilibrio es lo idóneo para tener una buena relación de calidad y garantizar un correcto almacenamiento del cacao sin la presencia de moho en el grano (Blacio, 2013).

La humedad ideal para conservar el cacao en grano para el almacenamiento y que sus características sensoriales no sean alteradas antes de usarlo en la fabricación de chocolates o sus derivados, debe ser entre el 6,5 al 7,5 por ciento (%)<sup>5</sup> de humedad o también denominado porcentaje de humedad (Blacio, 2013).

---

<sup>5</sup> El porcentaje es un símbolo matemático, que representa una cantidad dada como una fracción en 100 partes iguales.

En los experimentos realizados al secar un lote de cacao a un porcentaje menor del 7%, la cascara y el grano se vuelven muy quebradizos, mientras más se manipula los granos de cacao secos tienden a aumentar la cantidad de cacao triturado y pueden ocasionar pérdidas de producto al momento de hacer la limpieza del cacao para la separación de cuerpos extraños. Se denominan cuerpos extraños todos aquellos materiales ajenos al cacao y que en los procesos de cosecha, fermentación y secado se pueden contaminar con: hilos, palos, piedras, metales, etc. Un mayor contenido de cacao triturado no solo afecta a la pérdida de producto en el proceso, sino también afecta a la calidad del cacao en su clasificación estipulado en la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN, 2006).

Un contenido más alto de humedad en el cacao ósea superior al 8%, dará como resultado el crecimiento de moho<sup>6</sup> durante el almacenamiento, a mayor cantidad de humedad en los granos de cacao es mayor la propagación de moho. El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), hace referencia a una norma técnica para la determinación de la humedad en el cacao en grano NTE INEN 173 Primera Revisión.

La normativa INEN 176:2006 en su terminología hace referencia el contenido de humedad como la pérdida de masa, (peso) expresada en porcentaje, que se produce al calentar una porción molida de cacao bajo condiciones preestablecidas. La determinación de la humedad se lo realiza por la diferenciación de peso antes y después de haber secado la muestra seleccionada y el instrumento para realizar el secado es la estufa y se representa en la ecuación 10 (INEN, 2006):

$$\text{Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad [\text{Ecuación 10}]$$

---

<sup>6</sup> El moho es un hongo que se encuentra tanto al aire libre como en interiores, crece mejor en condiciones cálidas, mojadas, húmedas, y se propaga y reproduce mediante esporas.



Siendo:

$m_0$  = masa de la cápsula vacía y su tapa en gramos (g)

$m_1$  = masa de la cápsula con la muestra húmeda y la tapa en gramos (g)

$m_2$  = masa de la cápsula con la muestra seca y la tapa en gramos (g)

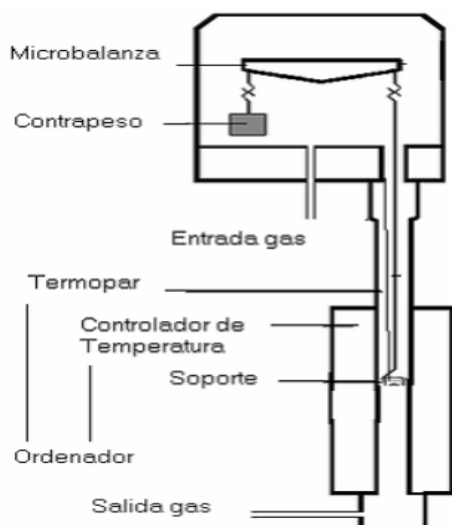
Se debe recolectar 5 gramos de la muestra e introducir a una estufa por un tiempo de 5 a 6 horas a una temperatura de  $103^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  y luego transferir la muestra a desecador de 30 a 40 minutos, como podemos observar la determinación de la humedad por el método manifestado tiene un lapso de tiempo de varias horas haciendo que genere menos eficiencia en la lectura de la humedad en un proceso de secado. En la presente investigación se realizó la validación de otros métodos para determinar la humedad en el grano de cacao eficiencia en el tiempo y con el menor margen de error o lo más aproximado al método recomendado por la normativa técnica ecuatoriana (INEN, 2006).

Para la validación del método se usó una termobalanza digital para leer directamente y mediante un programa para ser leído mediante un computador.

La termobalanza es usada para determinar el contenido de agua en una muestra orgánica o también denominado porcentaje (%) de humedad. El cálculo de la humedad se determina por la pérdida de peso que se realiza en la muestra después de haber sido sometida a un proceso de calentamiento.

Una termobalanza puede estar conformada por 5 partes que se muestra a continuación.

1. La microbalanza electrónica.
2. El horno y sus sensores de temperatura.
3. El programador de temperatura.
4. El controlador de caudal.
5. El dispositivo para almacenar datos.



**Figura 16 Termobalanza**  
**Fuente: Unideg (2013)**

Una termobalanza debe cumplir con las 3 siguientes características:

- Calentar la muestra orgánica a una velocidad determinada (normalmente debe estar comprendida entre 1 y 200°C/min)
- Controlar la atmósfera a la que se somete la muestra
- Adquirir los datos de temperatura, tiempo y peso mediante un computador

Para la presente investigación se seleccionó una termobalanza que a continuación se muestra en la figura 17.



**Figura 17 Termobalanza digital**  
**Fuente: Elaboración propia**

Para la validación de la eficiencia en la lectura de la humedad se seleccionó un total de 60 muestras que fueron secadas de manera manual y fueron partidas en 2 lotes por igual porcentaje, el primer lote se determinó con el método estufa (método tradicional) y el segundo lote se determinó mediante el método de la termobalanza (método propuesto) y los resultados obtenidos se muestran a continuación en la tabla 6.

**Tabla 6 Medición de humedad método propuesto versus método tradicional**

#	Método Propuesto	Método Tradicional	Diferencia	#	Método Propuesto	Método Tradicional	Diferencia
1	14,420	14,46	0,040	31	5,740	5,75	0,010
2	6,510	6,54	0,030	32	6,320	6,33	0,010
3	6,730	6,66	-0,070	33	7,370	7,44	0,070
4	6,120	6,00	-0,120	34	8,770	8,20	-0,570
5	6,750	6,74	-0,010	35	6,140	6,22	0,080
6	6,970	7,02	0,050	36	7,460	7,51	0,050
7	6,330	6,32	-0,010	37	6,860	7,05	0,190
8	7,610	7,63	0,020	38	5,980	5,74	-0,240
9	6,800	6,92	0,120	39	5,730	5,78	0,050
10	6,240	6,27	0,030	40	6,670	6,34	-0,330
11	5,770	5,69	-0,080	41	5,980	5,74	-0,240
12	6,680	6,75	0,070	42	5,730	5,78	0,050
13	6,580	6,61	0,030	43	6,670	6,34	-0,330
14	5,780	5,83	0,050	44	5,560	5,78	0,220
15	6,240	6,32	0,080	45	6,670	6,34	-0,330
16	5,980	5,74	-0,240	46	5,560	5,78	0,220
17	5,730	5,78	0,050	47	7,280	7,37	0,090
18	6,670	6,34	-0,330	48	12,340	12,29	-0,050
19	5,560	5,78	0,220	49	5,390	5,26	-0,130
20	7,280	7,37	0,090	50	14,420	14,36	-0,060
21	12,340	12,29	-0,050	51	6,310	6,19	-0,120
22	5,390	5,40	0,010	52	6,510	6,17	-0,340
23	14,420	14,34	-0,080	53	6,730	6,60	-0,130
24	6,310	6,42	0,110	54	6,120	6,14	0,020
25	6,510	6,18	-0,330	55	6,750	6,85	0,100
26	6,730	6,53	-0,200	56	6,080	5,99	-0,090
27	6,110	6,14	0,030	57	6,110	6,02	-0,090
28	8,900	8,84	-0,060	58	7,360	7,31	-0,050
29	6,330	6,24	-0,090	59	6,210	6,46	0,250
30	6,900	6,85	-0,050	60	5,950	6,00	0,050

**Fuente: Elaboración propia**

La primera variable analizada, es la variable de porcentaje de humedad, para lo cual se contrastan los datos obtenidos del porcentaje de humedad del cacao usando la estufa (método tradicional) y los provenientes del porcentaje de humedad usando la termobalanza (método propuesto). Las muestras se consideran dependientes.

En primer lugar, se ha realizado un análisis exploratorio de las variables denominadas: Propuesto, Tradicional y Diferencia.

La muestra trabajada con el método propuesto presenta una media de 7,057. La media real estaría entre 6,51 y 7,61 con el 95% de confianza. La muestra trabajada con el método tradicional presenta una media de 6,47. La media real estaría entre 6,47 y 7,56 con el 95% de confianza. Las muestras de las diferencias (entre el método tradicional y método propuesto) presentan una media de -0,388. La media real estaría entre 6,51 y 7,61 con el 95% de confianza.

En la tabla 7 se muestra un descriptivo del análisis exploratorio de las tres variables estudiadas.

**Tabla 7 Descriptivo del análisis exploratorio del método tradicional, método propuesto y la muestra de la diferencia**

		Estadístico	Error estándar	
Propuesto	Media	7,0577	,27384	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,5097	
		Límite superior	7,6056	
	Media recortada al 5%	6,7381		
	Mediana	6,5100		
	Varianza	4,499		
	Desviación estándar	2,12119		
	Mínimo	5,39		
	Máximo	14,42		
	Rango	9,03		
	Rango intercuartil	,88		
	Asimetría	2,674	,309	
	Curtosis	6,530	,608	
	Tradicional	Media	7,0188	,27288
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	6,4728	
		Límite superior	7,5649	
Media recortada al 5%		6,6967		
Mediana		6,3400		
Varianza		4,468		
Desviación estándar		2,11373		
Mínimo		5,26		
Máximo		14,46		
Rango		9,20		
Rango intercuartil		1,00		
Asimetría		2,703	,309	
Curtosis		6,671	,608	
Diferencia		Media	-,0388	,02107
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-,0810	
		Límite superior	,0033	
	Media recortada al 5%	-,0330		
	Mediana	,0100		
	Varianza	,027		
	Desviación estándar	,16324		
	Mínimo	-,57		
	Máximo	,25		
	Rango	,82		
	Rango intercuartil	,16		
	Asimetría	-,873	,309	
	Curtosis	,966	,608	

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una evaluación de la normalidad de los datos usando la prueba de Kolmogorov – Smirnov. En los tres casos se rechazó la hipótesis nula sobre la normalidad de los datos. En el caso de los datos del método tradicional y del método propuesto se hace una confirmación gráfica mediante la observación del histograma y la gráfica Q-Q. Pero en el caso de los datos de la diferencia es posible evidenciar que, si bien la distribución de los datos no es normal, pero si se aproxima a una normal, según se puede observar en el histograma y en la gráfica Q-Q. La tabla 8 se muestra un resumen de contrastes de hipótesis de las tres variables estudiadas.

**Tabla 8 Resumen de contrastes de hipótesis del método propuesto, método tradicional y la muestra de la diferencia**

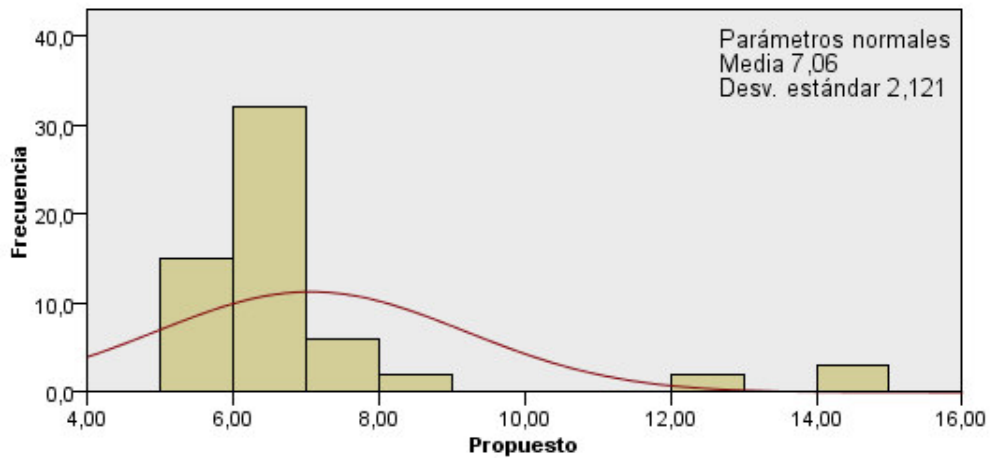
	Hipótesis Nula	Prueba	Sig.	Decisión
<b>1</b>	La distribución de Propuesto es normal con la media 7,06 y la desviación estándar 2,121	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,000 <sup>1</sup>	Rechace la hipótesis nula
<b>2</b>	La distribución de Tradicional es la normal con la media 7,02 y la desviación estándar 2,114	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,000 <sup>1</sup>	Rechace la hipótesis nula
<b>3</b>	La distribución de Diferencia es normal con la media -0,04 y la desviación estándar 0,163	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,000 <sup>1</sup>	Rechace la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación ,05

**Fuente: Elaboración propia**

En las figuras 18, 19 y 20 se muestra la gráfica de la media del método propuesto, método tradicional y la muestra de la diferencia mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la gráfica Q-Q.

### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra



### Gráfico Q-Q normal de Propuesto

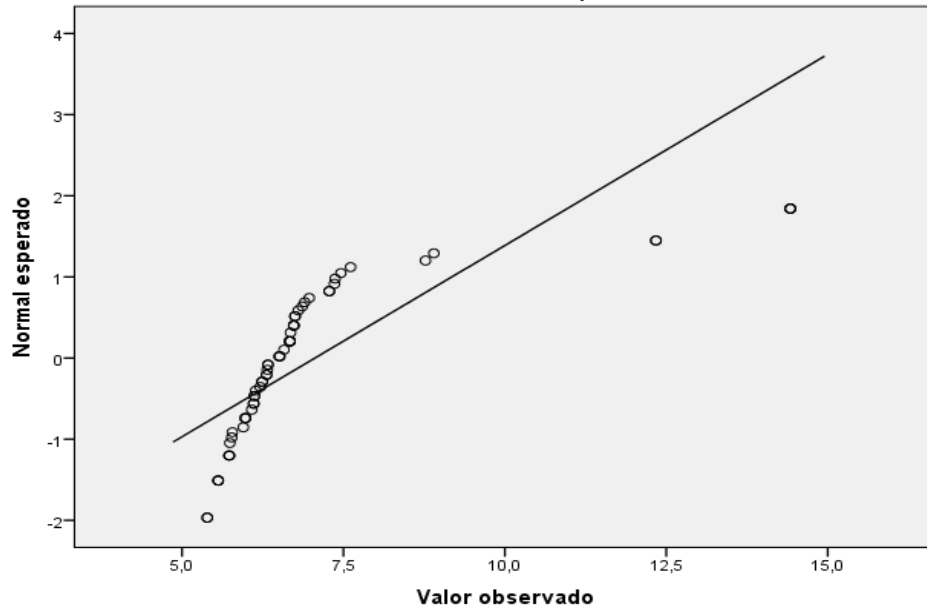
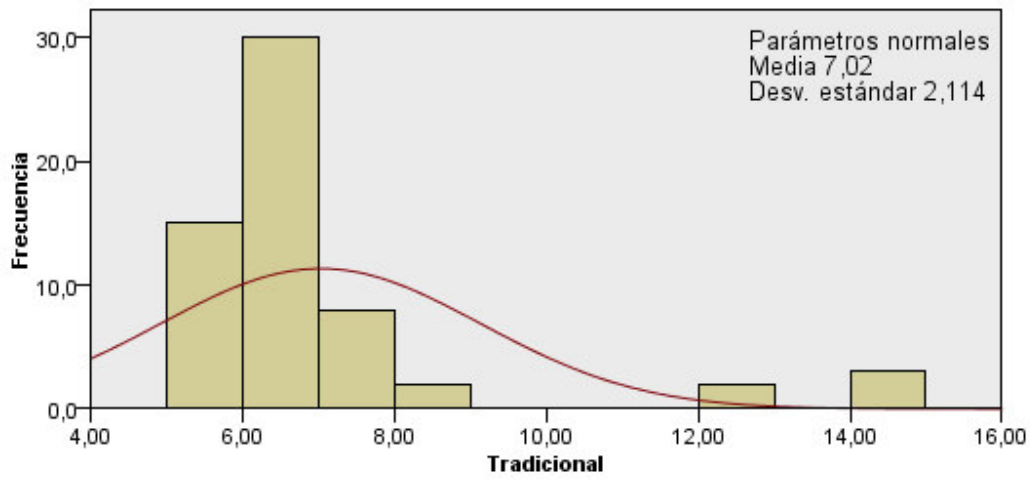


Figura 18 Prueba de Kolmogorov-Smirnov y la gráfica Q-Q para método propuesto  
Fuente: Elaboración propia



### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra



### Gráfico Q-Q normal de Tradicional

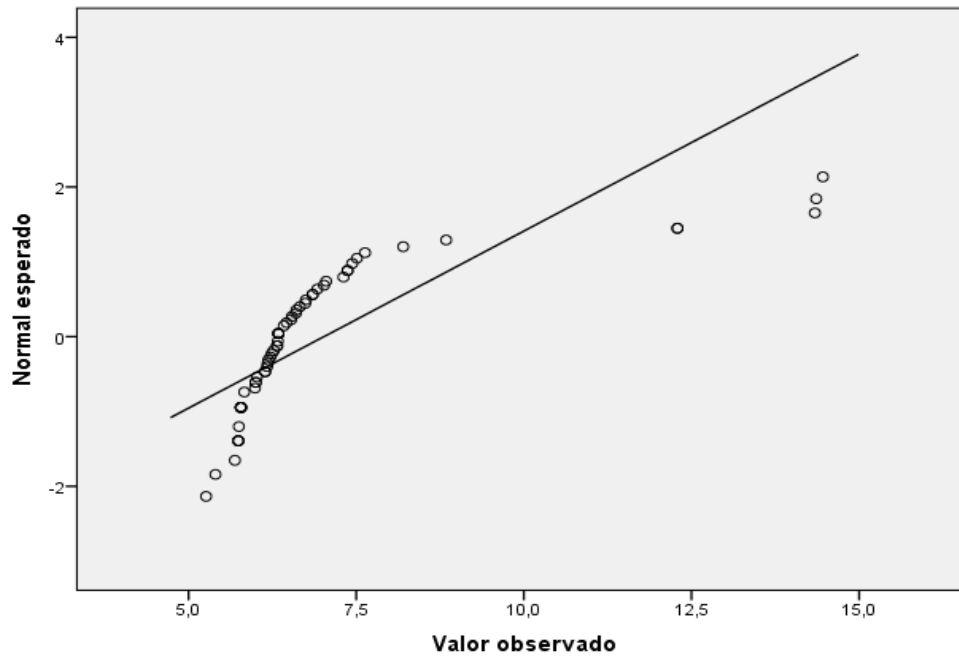
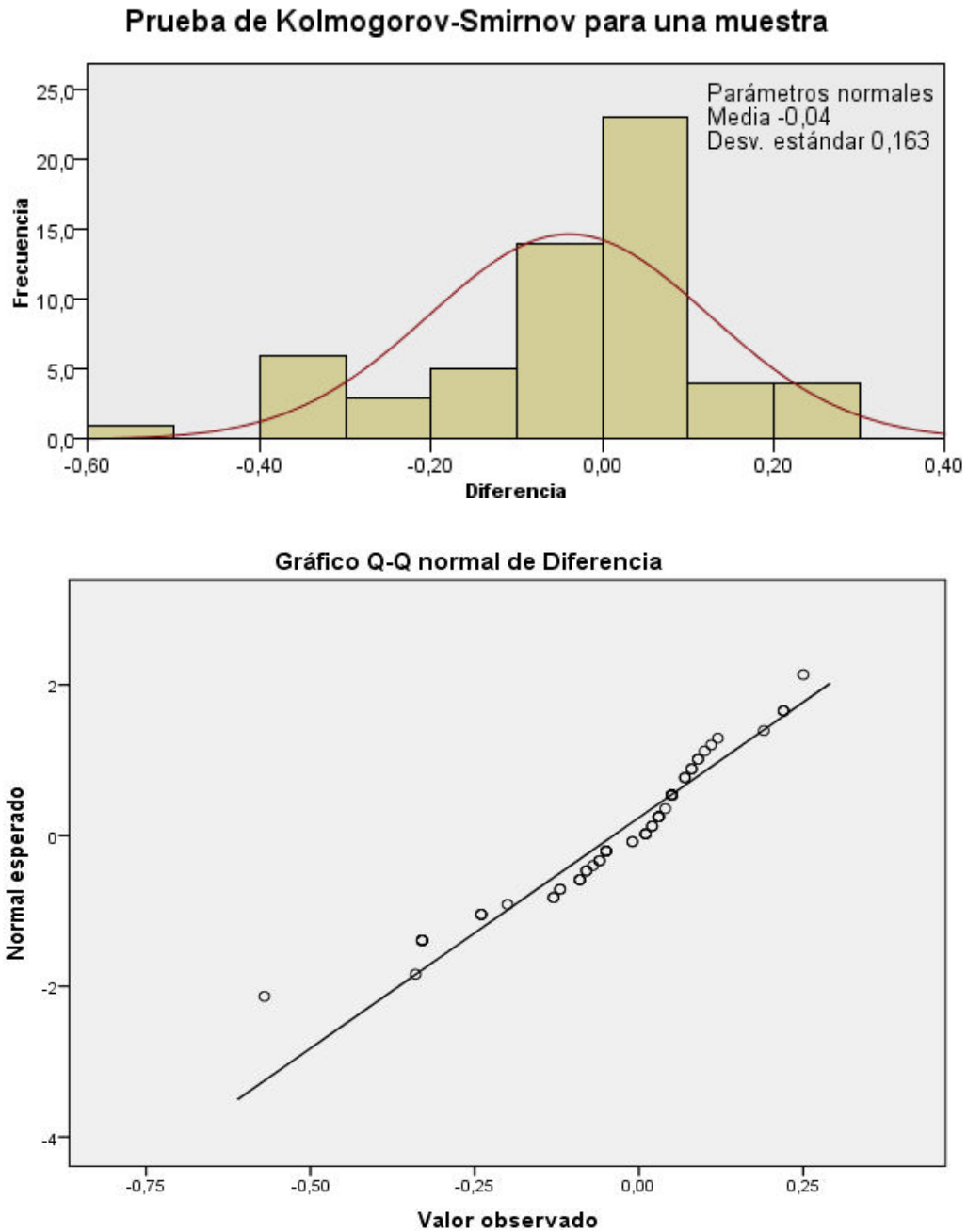


Figura 19 Prueba de Kolmogorov-Smirnov y la gráfica Q-Q para método tradicional  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 20 Prueba de Kolmogorov-Smirnov y la gráfica Q-Q para la muestra de la diferencia**

**Fuente: Elaboración propia**

Siendo la muestra mayor a 30 y suponiendo normalidad en la muestra de las diferencias, es posible utilizar un procedimiento de t-pareada para determinar la

existencia o no de una diferencia significativa entre el método propuesto y el método tradicional.

H0: No hay diferencia significativa entre el método tradicional y el método propuesto, es decir, el promedio de las diferencias es cero.

H1: Si hay diferencia significativa entre el método tradicional y el método propuesto, es decir, el promedio de las diferencias es diferente de cero.

**Tabla 9 Prueba para muestras emparejadas**

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Propuesto - Tradicional	0,0388	0,16324	0,02107	-0,0334	0,081	1,84	59	0,07

**Fuente: Elaboración propia**

Observando los resultados se evidencia que siendo el valor (p) mayor que el nivel de significancia de 0,05, se deberá aceptar la hipótesis nula, es decir no existe una diferencia significativa entre el método tradicional y el propuesto.

Solo para ratificar la conclusión anterior, se utilizó la prueba de rangos con signos de Wilcoxon para muestras relacionadas. Luego de ejecutada la prueba se toma la decisión de aceptar la hipótesis nula, la cual indica que la mediana de las diferencias entre el método propuesto y el tradicional es cero.

**Tabla 10 Resumen de contrastes de hipótesis nula y alternativa para determinar la humedad del cacao**

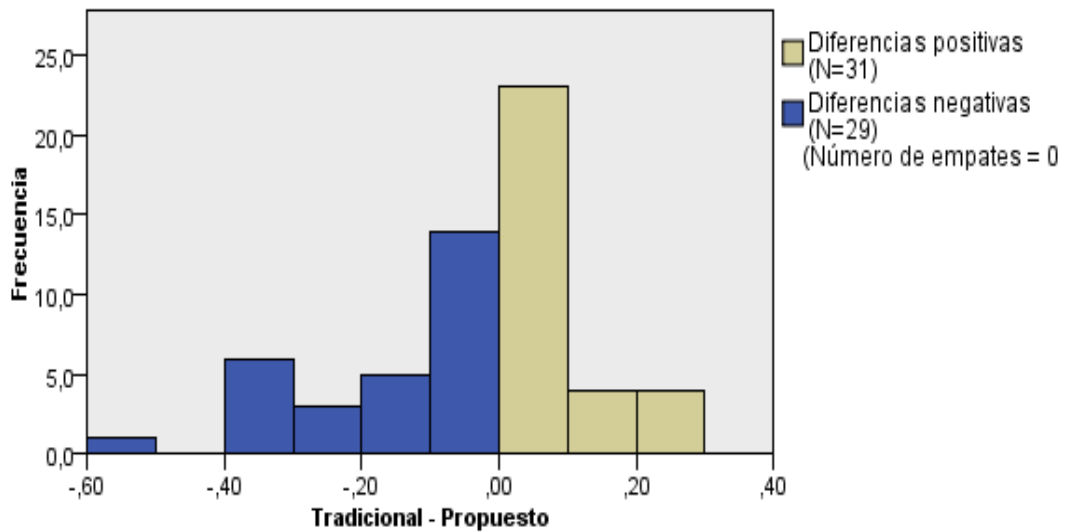
**Resumen de contrastes de hipótesis**

	Hipótesis Nula	Prueba	Sig.	Decisión
<b>1</b>	La mediana de las diferencias entre Propuesto y Tradicional es igual a 0	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,205	Conserve la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación 0,05

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 21 se muestra la prueba de rango con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas del método tradicional y el método propuesto.



**Figura 21 Prueba de rangos con signo Wilcoxon para método tradicional y propuesto**

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.1.3 Características técnicas de la secadora automática

La industrialización que se vive hoy en día, existen diversas clases de máquinas y equipos las cuales permiten mejorar el rendimiento de un proceso productivo, sirviendo principalmente al hombre a la solución de problemas y necesidades del medio (Almazán, 2008).

En la actualidad existen diversos tipos de secadoras según su diseño y función para cada producto agrícola, sin duda las mismas difieren de la economía y la efectividad del proceso (Blacio, 2013). En nuestro medio para que el proceso de secado de productos agrícolas y en particular el cacao es necesario conocer la temperatura ideal y el tiempo que necesita el grano para que la misma no pierda peso, textura o en definitiva su calidad, conociendo estas variables constituye el punto de partida para seleccionar un secador de cacao en grano.

La máquina secadora homogénea circular dotada de un sistema de remoción del producto que consiste de dos brazos mecánicos que giran a 360° en toda la bandeja de secado a de 1,20 RPM<sup>7</sup>, permite reducir un 85% de talento humano si comparamos con las todas las tareas manuales de un secado de cacao en patio de cemento o también denominado Tendales. Esta reducción de talento humano se debe a que se reemplaza las tareas manuales de secado por el sistema automatizado, para realizar el cálculo del porcentaje de reducción de talento humano se realizó un comparativo experimental del secado en Tendales en comparativo con el secado por medio del sistema automatizado, el ensayo se realizó con secadoras de diámetro 6,05 metros que tiene una capacidad para secar 12 toneladas, en la tabla 12 se muestra la relación de diámetro con la cantidad de cacao secado.

---

<sup>7</sup> RPM es una revolución por minuto, es una unidad de frecuencia que se usa también para expresar velocidad angular. En este contexto, se indica el número de rotaciones completadas cada minuto por un cuerpo que gira alrededor de un eje.

El equipo idóneo investigado para el secado del cacao debe tener forma circular con sistema rotario, como se muestra en la figura 22. En las figuras 23 y 24 se puede observar las secadoras operando en Nestlé Ecuador.



**Figura 22 Secadora circular homogénea de cacao**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 23 Secadoras circulares automáticas instaladas para la investigación**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 24 Secadora circular automática homogénea operando**  
**Fuente: Elaboración propia**

La máquina de secado homogéneo está construida en materiales de acero inoxidable, sus brazos mezcladores que están contruidos en acero al carbón, su estructura interna y metal perforado son ensamblados con material galvanizado reforzado, los sistemas de mayor tracción son contruidos en aceros especiales de transmisión (705-709), por otra parte su caja reductora de tracción está contruida en materiales en aceros templados y de hierro fundido, la secadora cuenta con una turbina de alto caudal y un quemador que trabaja con un adicional de protección industrial y no contamina el producto, el mismo que le permitirá aprovechar mejor la energía.

El porcentaje de humedad del producto que se puede reducir, puede ser del orden de 2,5 % al 3,5% dependiendo de la energía usada para proporcionar aire caliente. Adicionalmente cuenta con un sistema de descarga a través de cuchillas que se accionan por medio de neumática; estas también las podemos utilizar al momento de alimentar la secadora homogénea circular para expandir el producto con uniformidad en toda su área; las cuchillas le permiten reducir el tiempo de descarga a diferencia de las secadoras convencionales y también no hay la necesidad de la intervención humana que podría tener accidentes laborales.

A continuación, se describen las etapas básicas de un procedimiento de utilización para el buen funcionamiento de la máquina objeto de la invención el cual comprende las siguientes etapas:

- a) Encender el agitador y dejarlo en movimiento todo el tiempo necesario para iniciar la acción del sistema de llenado gradual.
- b) Al cargar la máquina secadora homogénea circular debe tener en cuenta que el producto caiga en el centro de la tina de secado, esto se realizará con la máquina en movimiento; pero no con el ventilador ni el quemador encendido y con las cuchillas hacia arriba.

**Sistema de llenado del tanque agitador:**

- a) La secadora circular presenta un sistema de llenado gradual mediante un dispositivo de ascenso y descenso para sistema de descarga y el accionamiento del dispositivo de ascenso y descenso, entonces accionamos neumáticamente mediante una palanca en posición contraria a la descarga, la cual conecta a la catalina con la platina curva porta caucho, generando el movimiento para el ascenso de arransador en el tornillo principal. Por la acción de la rotación de los brazos de la máquina, la catalina tracciona en el caucho generando el movimiento necesario para que ascienda el arransador en intervalos hasta el llenar la máquina en su capacidad máxima.
- b) Una vez alcanzado el nivel requerido en la capacidad de la secadora, el operador desconectara el dispositivo de ascenso y descenso para sistema de descarga. Si se deja reposando el producto más de 3 horas es necesario calentar de 15 a 20 minutos para poder dar arranque al sistema de mezclado mecánico, teniendo siempre en cuenta que no haya sobrecarga y que la carga este distribuida equilibradamente.



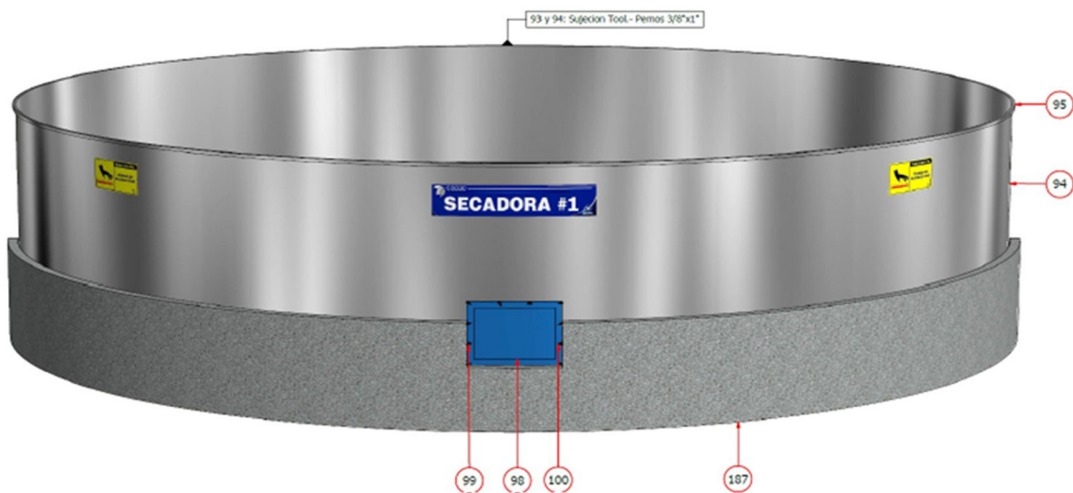
- c) Encendido de la turbina para oxigenar el producto agrícola a secar en el tanque, luego procedemos a encender el quemador a base de GLP; graduamos la potencia del mismo a la temperatura °C requerida y lo temporizamos según la calidad del producto previo a estudio.
- d) Luego de reducir el porcentaje de humedad del producto mediante los pasos anteriores citados, se procede a apagar el quemador, cerrando las válvulas y desenergizar la turbina para continuar con la descarga del producto.

**Sistema descarga del tanque agitador:**

- a) Para descargar el producto accionamos la palanca neumáticamente, situado en el exterior del tanque para abrir la compuerta de descarga y la puerta interna de la tolva de tránsito, esto descenderá por gravedad hasta la tolva permitiendo el flujo constante del producto hasta su embazado.
- b) Luego se debe proceder a la acción del sistema de descarga gradual, accionada neumáticamente mediante una palanca en posición contraria a la descarga, la cual conecta a la catalina con la platina curva porta caucho, generando el movimiento para el descenso de arransador en el tornillo principal. Por la acción de la rotación de los brazos de la máquina, la catalina traccionará en el caucho generando el movimiento necesario para que descienda el arransador en intervalos hasta evacuar el producto en el interior del tanque de secado/remoción.
- c) Una vez descargado el producto procedemos a la limpieza de toda la máquina para iniciar el proceso de secado repitiendo los mismos pasos anteriores.

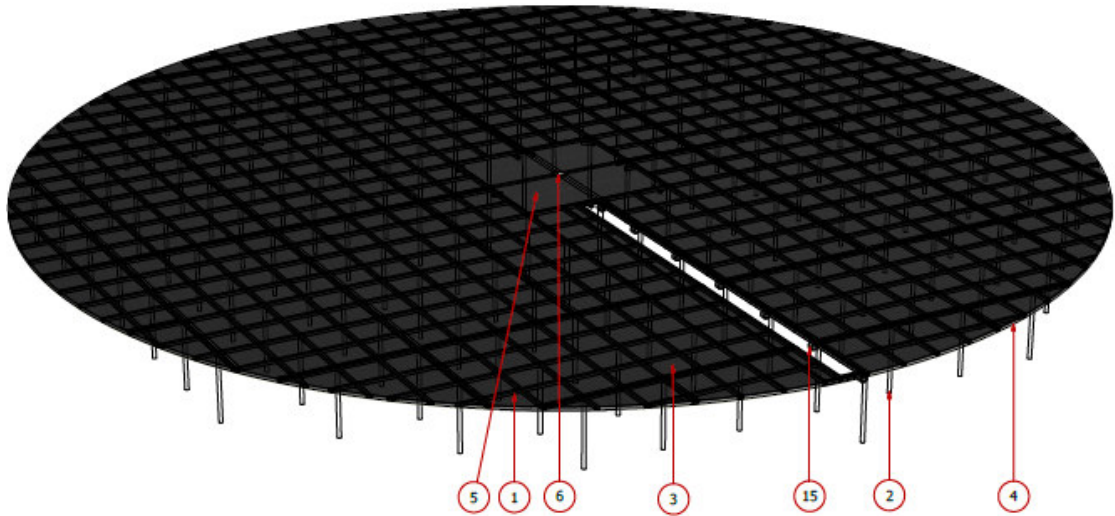
La temperatura idónea investigada es de  $52\pm 3^{\circ}\text{C}$ , a más temperatura se tuesta el cacao y produce muchas impurezas, a menor temperatura se tomará más tiempo para el secado del grano.

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del secador propuesto, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se aporta como parte integrante de dicha descripción, una serie de dibujos donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:



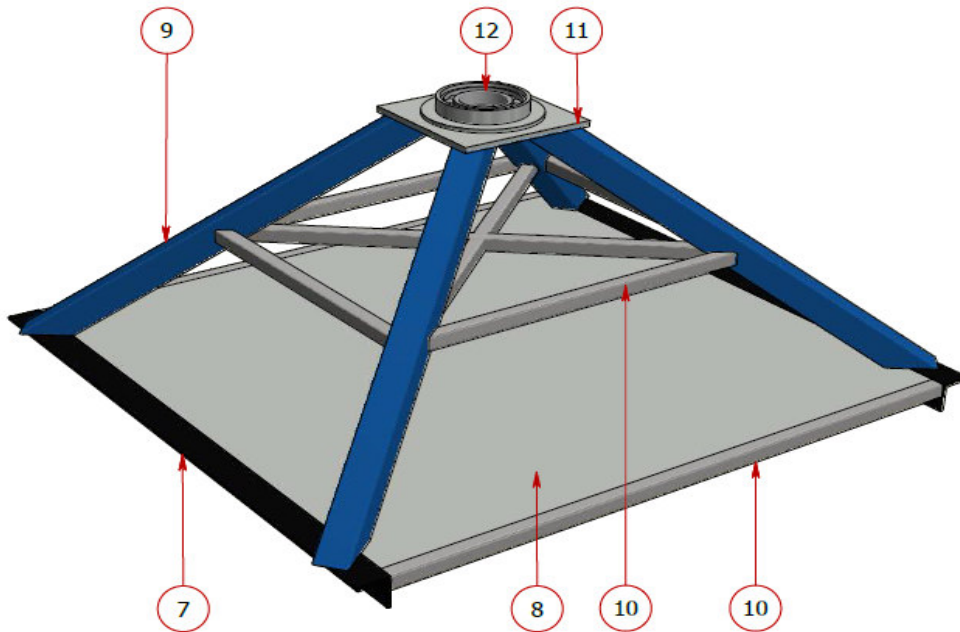
Número	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO
94	Recubrimiento	12	U.	Tol ace inox. 1,5 mm espesor (304°)
95	Anillo Marco de fuerza	5	U.	Tubo ace inox. cuadrado 25x25x1.5 / JIS - 304°
98	Marco	1	U.	Platina 25 x 6 mm / ASTM A-36
99	Pernos	8	U.	P. 3/8" x 1" G8 UNC - SAE J429H
100	Tuerca mariposa	8	U.	T 3/8" UNC - acero galv.
187	HORMIGON ARMADO	1	U.	Estructura de cemento

**Figura 25 Bandeja de secado y puerta de limpieza**  
**Fuente: Elaboración propia**



Número	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO
1	Plataforma	65	U.	Tubo cuadrado Galv (25x25x2.0) mm SHS / ASTM A-513
2	Bases	14	U.	Tubo redondo Galv (Ø25 x 2)mm / ASTM A-513
3	Superficie	20	U.	Malla ace. Galv. 1,4 mm perf. 5 mm (1 x 2)m
4	Anillo cama	5	U.	Platina 25 x 6 mm / ASTM A-36
5	Puerta limpieza interna	1	U.	Tubos galv 25x25x2 y malla
6	Brida	1	U.	Barra de acero øext. 4 " x øint. 3 " AISI 1018
15	Bocín eje descarga	1	m	Barra de acero ø 1.1/4 " AISI 1018

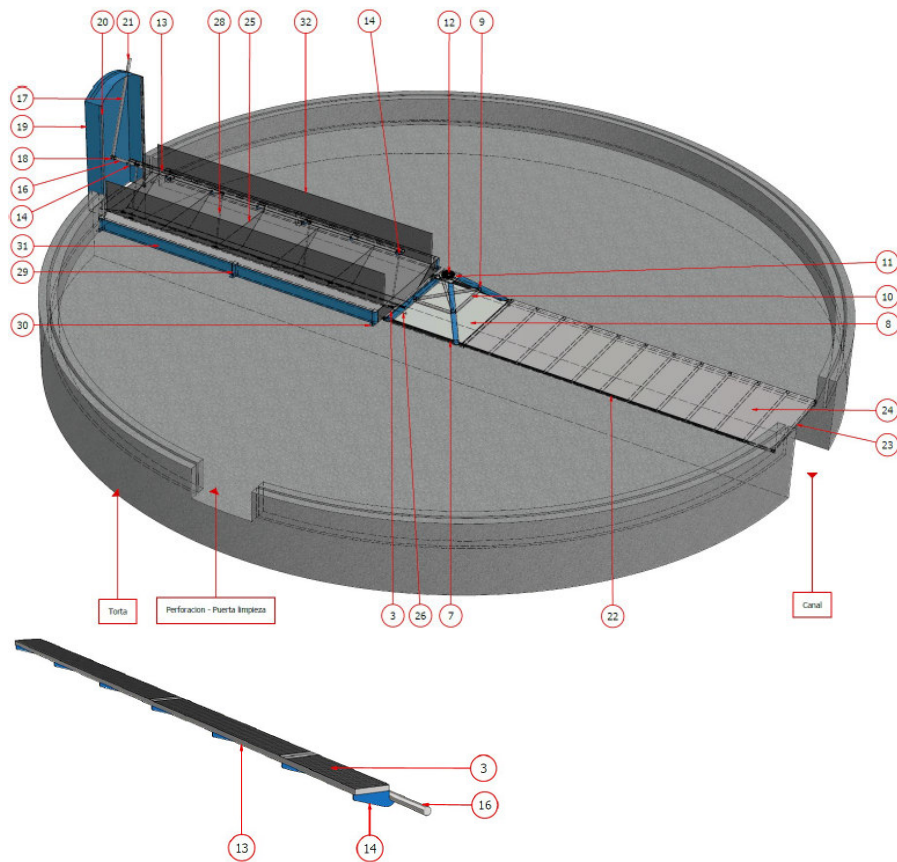
**Figura 26 Cama "1A"**  
**Fuente: Elaboración propia**



Número	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO
7	Marco central	1	U.	Angulo L 2 x 2 x 1/4; /AISC
8	Recubrimiento canal	1	U.	Tol Galvanizado 1/16" ASTM 653 CS
9	Parrilla	1	U.	Tubo cuadrado (50x50x2.0) mm SHS / ASTM A-513
10	Enlaces internos	1	U.	Tubo cuadrado (25x25x2.0) mm SHS / ASTM A-513
11	Brida para ruliman	1	U.	Tol Acero Carbono 10 mm ASTM A-36

**Figura 27 Base central de eje central "1B"**

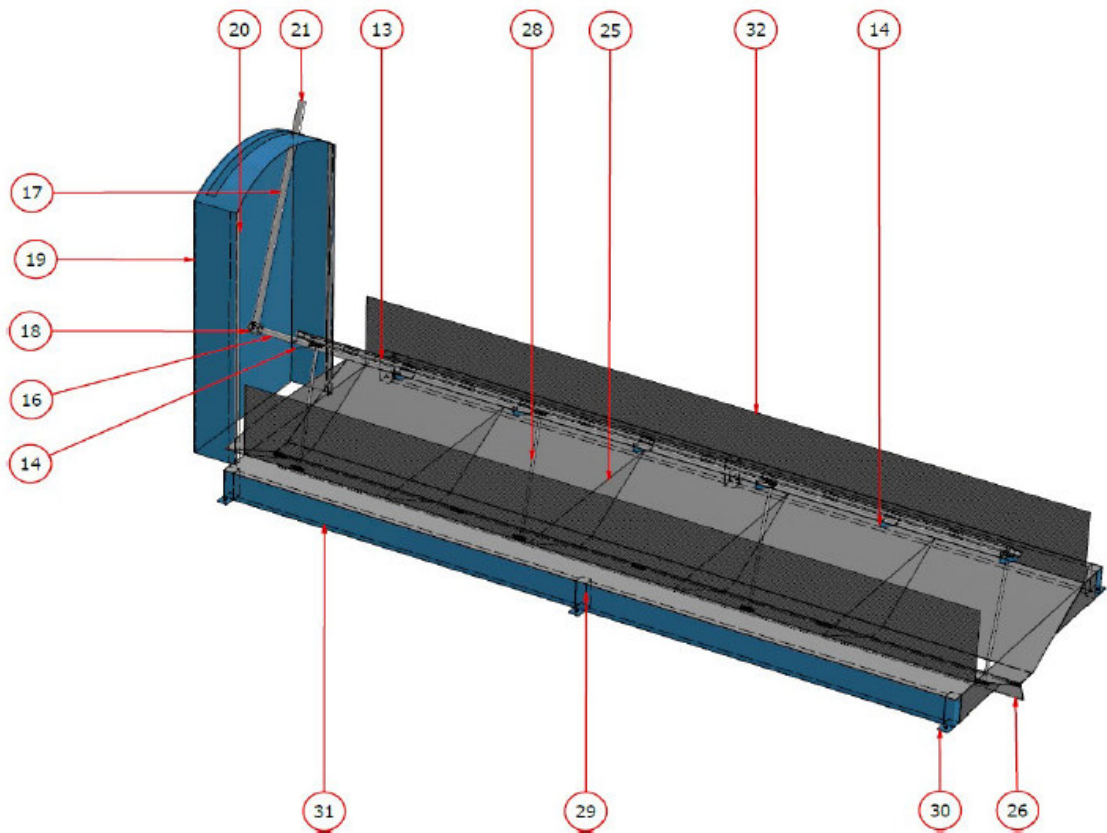
**Fuente: Elaboración propia**



Número	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO
3	Superficie	20	U.	Malla ace. Galv. 1,4 mm perf. 5 mm (1 x 2)m
7	Marco central	1	U.	Angulo L 2 x 2 x 1/4; /AISC
8	Recubrimiento canal	1	U.	Tol Galvanizado 1/16" ASTM 653 CS
9	Parrilla	1	U.	Tubo cuadrado (50x50x2.0) mm SHS / ASTM A-513
10	Enlaces internos	1	U.	Tubo cuadrado (25x25x2.0) mm SHS / ASTM A-513
11	Brida para ruliman	2	U.	Tol Ace. Carbono 10 mm ASTM A-36
12	Pista	1	U.	Ruliman cónico 30214 NTN
13	Marco	2	U.	Tubo cuadrado (25x25x2.0) mm SHS / ASTM A-513
14	Escuadra y curvo con canal	1	U.	Tol Ace. Carbono 6 mm ASTM A-36
15	Bocín eje descarga	1	m	Barra de acero ø 1.1/4 " AISI 1018
16	Eje de descarga	4	m	Barra de acero ø 1.1/4 " AISI 1018
17	Palanca de descarga	1	m	Barra de acero ø 1.1/4 " AISI 1018
18	Bocín T	1	cm	Barra de acero ø 2 " AISI 1018
19	Forro exterior palanca	1	U.	Tol Ace. Carbono 2 mm ASTM A-36
20	Soporte forro	3	m	Angulo L 1.1/4 x 3/16 AISC
21	Manilla	1	cm	Barra acero inoxidable 304° Ø1"
22	Marco	3	U.	Angulo L 1.1/4 x 3/16 AISC
23	Tejido	3	U.	Tubo cuadrado Galv. (25x25x2.0) mm SHS / ASTM A-513
24	Recubrimiento superficie	2	U.	Tol Galvanizado 1/16" ASTM 653 CS
25	Tolva	2	U.	Tol Ace. Carbono 2 mm ASTM A-36
26	Puerta interior	1	U.	Platina 4 x 1/4" / ASTM A-36
27	Accionamiento	8	U.	Bisagras 3 cuerpos 5/8
28	Accionamiento	1	U.	Varilla lisa Ø 1/2"
29	Bases fijación tolva	1	1m	Tubo cuadrado (50x50x2.0) mm SHS / ASTM A-513
30	Bases anclaje	1	30cm	Platina 2 x 1/4" / ASTM A-36
31	Recubrimiento lateral interno	1	U.	Tol Ace. Carbono 2 mm ASTM A-36
32	Recubrimiento lateral superior	2	U.	Malla ace. Galv. 1,4 mm perf. 5 mm (1 x 2)m

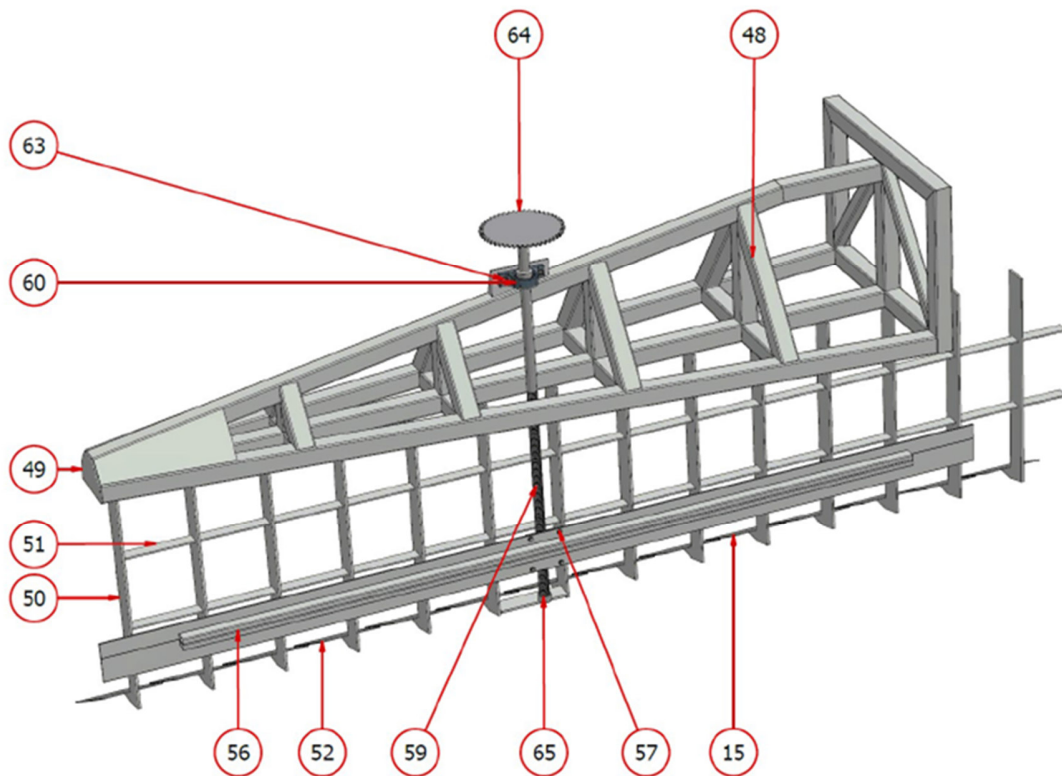
**Figura 28 Sistema y estructura general de la cama**

**Fuente: Elaboración propia**



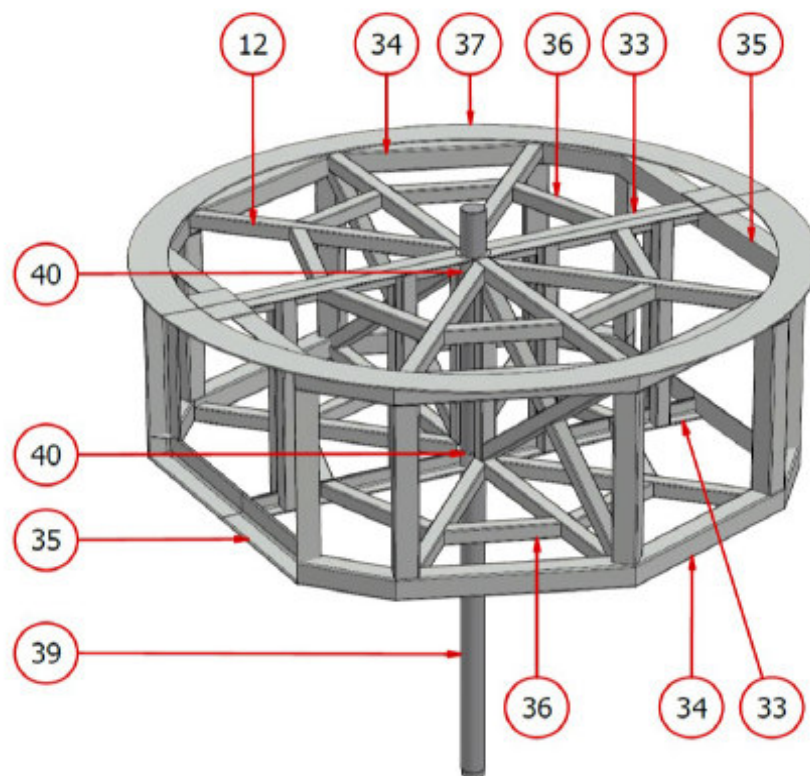
Número	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO
13	Marco	2	U.	Tubo cuadrado (25x25x2.0) mm SHS / ASTM A-513
14	Escuadra y curvo con canal	1	U.	Tol Ace. Carbono 6 mm ASTM A-36
16	Eje de descarga	4	m	Barra de acero $\varnothing$ 1.1/4 " AISI 1018
17	Palanca de descarga	1	m	Barra de acero $\varnothing$ 1.1/4 " AISI 1018
18	Bocín T	1	cm	Barra de acero $\varnothing$ 2 " AISI 1018
19	Forro exterior palanca	1	U.	Tol Ace. Carbono 2 mm ASTM A-36
21	Manilla	1	cm	Barra acero inoxidable 304° $\varnothing$ 1"
25	Tolva	2	U.	Tol Ace. Carbono 2 mm ASTM A-36
26	Puerta interior	1	U.	Platina 4 x 1/4" / ASTM A-36
28	Accionamiento	1	U.	Varilla lisa $\varnothing$ 1/2"
29	Bases fijación tolva	1	1m	Tubo cuadrado (50x50x2.0) mm SHS / ASTM A-513
30	Bases anclaje	1	30cm	Platina 2 x 1/4" / ASTM A-36
31	Recubrimiento lateral interno	1	U.	Tol Ace. Carbono 2 mm ASTM A-36
32	Recubrimiento lateral superior	2	U.	Malla ace. Galv. 1,4 mm perf. 5 mm (1 x 2)m

**Figura 29 Sistema de descarga interna**  
**Fuente: Elaboración propia**



Número	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO
15	Bocín eje descarga	1	m	Barra de acero $\phi$ 1.1/4 " AISI 1018
48	Enlaces internos marco corazón	1	U.	Tubo cuadrado <b>50x50x2.0</b> / ASTM A-513
49	Placas de refuerzo en punta y marco fuerza	1	U.	ToI Ace. Carbono <b>4 mm</b> ASTM A-36
50	Rastras	5	U.	Platina <b>4 x 3/8</b> / ASTM A-36
51	Enlaces de rastras	4	U.	Platina <b>2 x 1/4</b> / ASTM A-36
52	Paletas	1	U.	ToI Ace. Carbono <b>4 mm</b> ASTM A-36
56	Refuerzo ronsador	2	U.	Tubo rectangular <b>50x25x2.0</b> / ASTM A-513
57	Pernos ronsador	8	U.	P. 3/8" x 1" G8 UNC - SAE J429H
59	Tornillo ascenso y descenso	2	U.	Tornillos $\phi$ 1.1/2 x 1,40 m L con tuerca
60	Chumacera Piso	2	U.	Chumacera 1.1/2"; UCP 208
63	Arandela chumacera	8	U.	Anillo plano 1/2"
64	Catalina ascenso y descenso	2	U.	Catalina $\phi$ 28 cm x 50 dientes
65	Bocín guía tornillo	1	2 de 3 cm	Barra de acero $\phi$ 1. 3/4 mm x 3 cm h

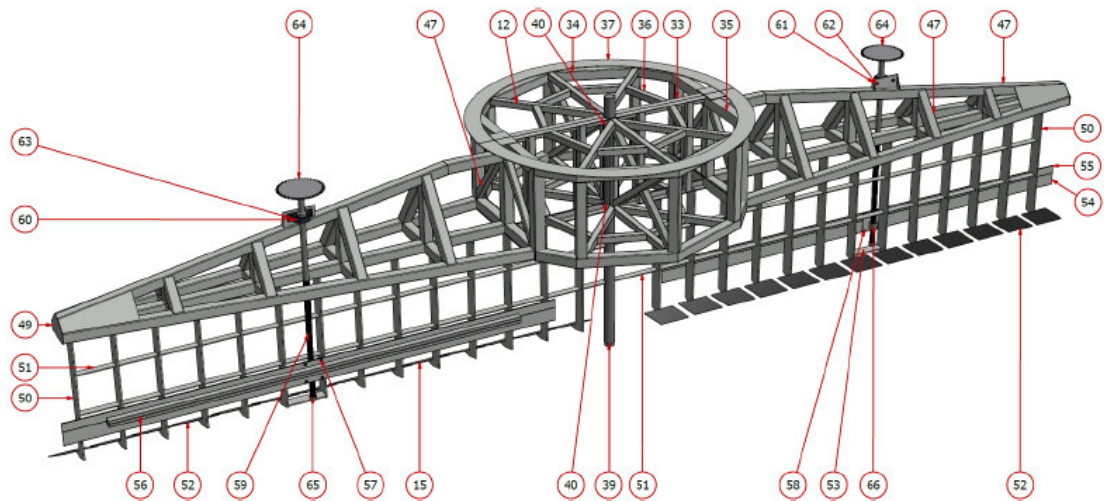
**Figura 30 Agitador y dispositivo de ascenso y descenso para sistema de descarga**  
**Fuente: Elaboración propia**



Número	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO
12	Pista	1	U.	Ruliman conico 30214 NTN
33	Sujecion cuerpos	1	U.	Angulo L 2 x 2 x 1/4; /AISC
34	Marco superior	2	U.	Tubo cuadrado 75x75x3.0 /ASTM A-513
35	Marco brazos	2	U.	Angulo L 3 x 3 x 1/4; /AISC
36	Enlaces internos	5	U.	Tubo cuadrado 50x50x2.0 / ASTM A-513
37	Anillo cinta	1	U.	Tool Ace. Carbono 6 mm (R"ext". 1030 x R"ext". 910)mm
39	Eje central	1	m.	Barra de acero ø 3 " AISI 1018

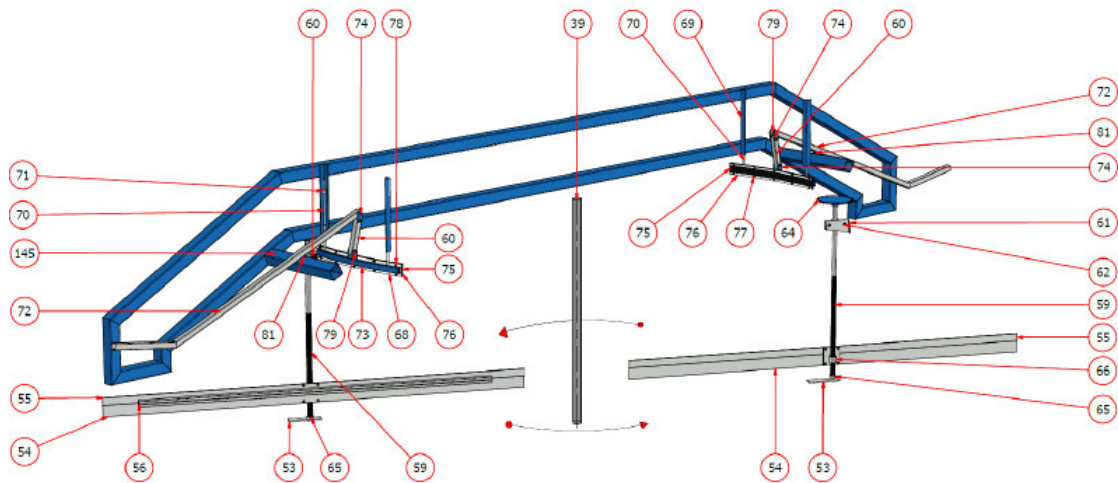
**Figura 31 Caja de arrastre**  
**Fuente: Elaboración propia**





Número	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO
12	Pista	1	U.	Ruliman cónico 30214 NTN
15	Bocín eje descarga	1	m	Barra de acero $\phi$ 1.1/4 " AISI 1018
33	Sujeción cuerpos	1	U.	Angulo L 2 x 2 x 1/4; /AISC
34	Marco superior	2	U.	Tubo cuadrado 75x75x3.0 /ASTM A-513
35	Marco brazos	2	U.	Angulo L 3 x 3 x 1/4; /AISC
36	Enlaces internos	5	U.	Tubo cuadrado 50x50x2.0 / ASTM A-513
37	Anillo cinta	1	U.	Tol Ace. Carbono 6 mm (R"ext". 1030 x R"ext". 910)mm
39	Eje central	1	m.	Barra de acero $\phi$ 3 " AISI 1018
40	Brida	1	U.	Barra de acero $\phi$ ext. 4 " x $\phi$ int. 3 " AISI 1018
47	Enlaces internos/externos	8	U.	Tubo cuadrado 75x75x3.0 / ASTM A-513
49	Placas de refuerzo en punta y marco fuerza	1	U.	Tol Ace. Carbono 4 mm ASTM A-36
50	Rastras	5	U.	Platina 4 x 3/8 / ASTM A-36
51	Enlaces de rastras	4	U.	Platina 2 x 1/4 / ASTM A-36
52	Paletas	1	U.	Tol Ace. Carbono 4 mm ASTM A-36
53	Bases tornillo	1	m.	Platina 3 x 3/8 / ASTM A-36
54	Ronsador	3	U.	Platina 4 x 1/4 / ASTM A-36
55	Ronsador	3	U.	Platina 2. 1/2 x 1/4 / ASTM A-36
56	Refuerzo ronsador	2	U.	Tubo rectangular 50x25x2.0 / ASTM A-513
57	Pernos ronsador	8	U.	P. 3/8" x 1" G8 UNC - SAE J429H
58	Tuerca ronsador	8	U.	P. 3/8" G8 UNC - ISO 898-11
59	Tornillo ascenso y descenso	2	U.	Tornillos $\phi$ 1.1/2 x 1,40 m L con tuerca
61	Bases chumacera	1	50 cm	Platina 3 x 1/4 / ASTM A-36
62	Pernos chumacera	4	U.	P. 1/2" x 1.1/2" G8 UNC - SAE J429H
63	Arandela chumacera	8	U.	Anillo plano 1/2"
64	Catalina ascenso y descenso	2	U.	Catalina $\phi$ 28 cm x 50 dientes
65	Bocín guía tornillo	1	2 de 3 cm	Barra de acero $\phi$ 1. 3/4 mm x 3 cm h

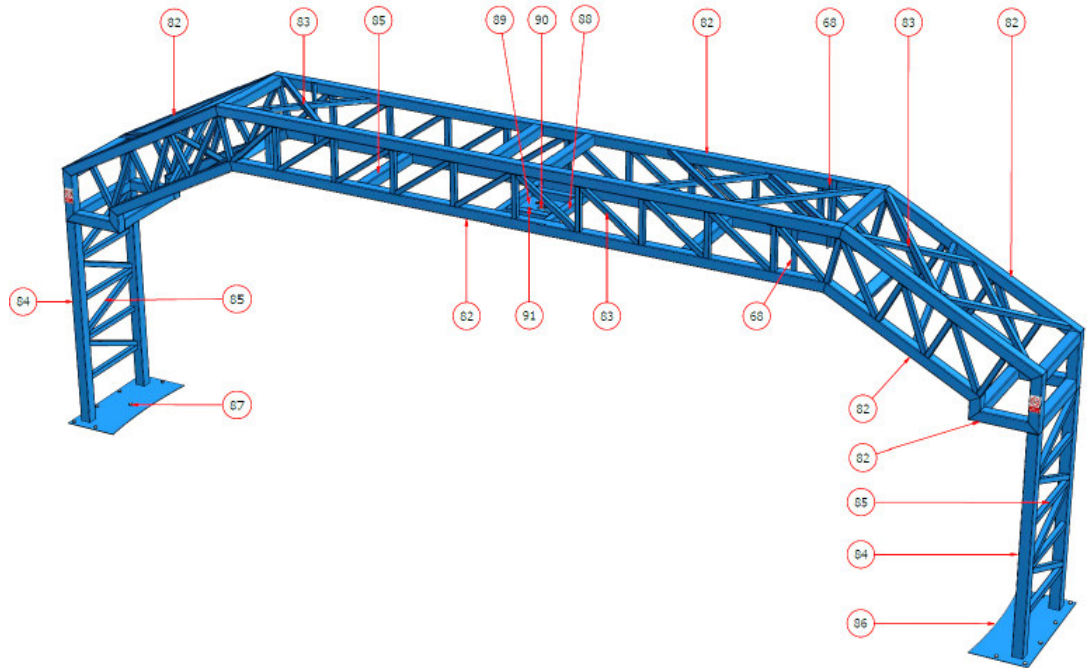
**Figura 32 Sistemas y estructura general de la caja de arrastre y agitador**  
**Fuente: Elaboración propia**



Número	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO
39	Eje central	1	m.	Barra de acero $\phi$ 3" AISI 1018
53	Bases tornillo	1	m.	Platina <b>3 x 3/8</b> / ASTM A-36
54	Ronsador	3	U.	Platina <b>4 x 1/4</b> / ASTM A-36
55	Ronsador	3	U.	Platina <b>2. 1/2 x 1/4</b> / ASTM A-36
56	Refuerzo ronsador	2	U.	Tubo rectangular <b>50x25x2.0</b> / ASTM A-513
59	Tornillo ascenso y descenso	2	U.	Tornillos $\phi$ 1.1/2 x 1,40 m L con tuerca
61	Bases chumacera	1	50 cm	Platina <b>3 x 1/4</b> / ASTM A-36
62	Pernos chumacera	4	U.	P. 1/2" x 1.1/2" G8 UNC - SAE J429H
64	Catalina ascenso y descenso	2	U.	Catalina $\phi$ 28 cm x 50 dientes
65	Bocín guía tornillo	1	2 de 3 cm	Barra de acero $\phi$ 1. 3/4 mm x 3 cm h
66	Tuerca tornillo	1	2 de 6 cm	Barra de acero $\phi$ 2. 1/2 mm x 6 cm h
68	Bases para caucho	3	m	Platina <b>4 x 1/4</b> / ASTM A-36
69	Bases Bocín	1	m.	Angulo L <b>2 x 2 x 3/16</b> ; /AISC
70	Sistema ascenso	1	m.	Varilla Ace. Inox. $\phi$ 5/8 AISI °304
71	Bocín ascenso	1	cm.	Barra de acero $\phi$ 28 mm AISI °304
72	Palanca accionamiento	2	U.	Tubo cuadrado <b>50x50x3.0</b> / ASTM A-513
73	Refuerzo platina	1	2,4 m	Tubo rectangular <b>50x25x2.0</b> / ASTM A-513
74	Platina de sujeción	1	62cm	Platina <b>2 x 1/4</b> / ASTM A-36
75	Lona	3	m	Lona lisa 10 cm ancho
76	Ajuste de lona	1	U.	Platina <b>3/4 x 1/8</b> / ASTM A-36
77	Pernos base caucho	20	U.	P. 1/4" x 1.1/2" G8 UNC - SAE J429H
78	Tuerca base caucho	20	U.	P. 1/4" G8 UNC - ISO 898-11
79	Pernos platina sujeción	6	U.	P. 3/8" x 3" G8 UNC - SAE J429H
81	Bisagra palanca	2	U.	Bisagras 3 cuerpos 5/8

**Figura 33 Sistema de accionamiento de ascenso y descenso para descarga**

**Fuente: Elaboración propia**

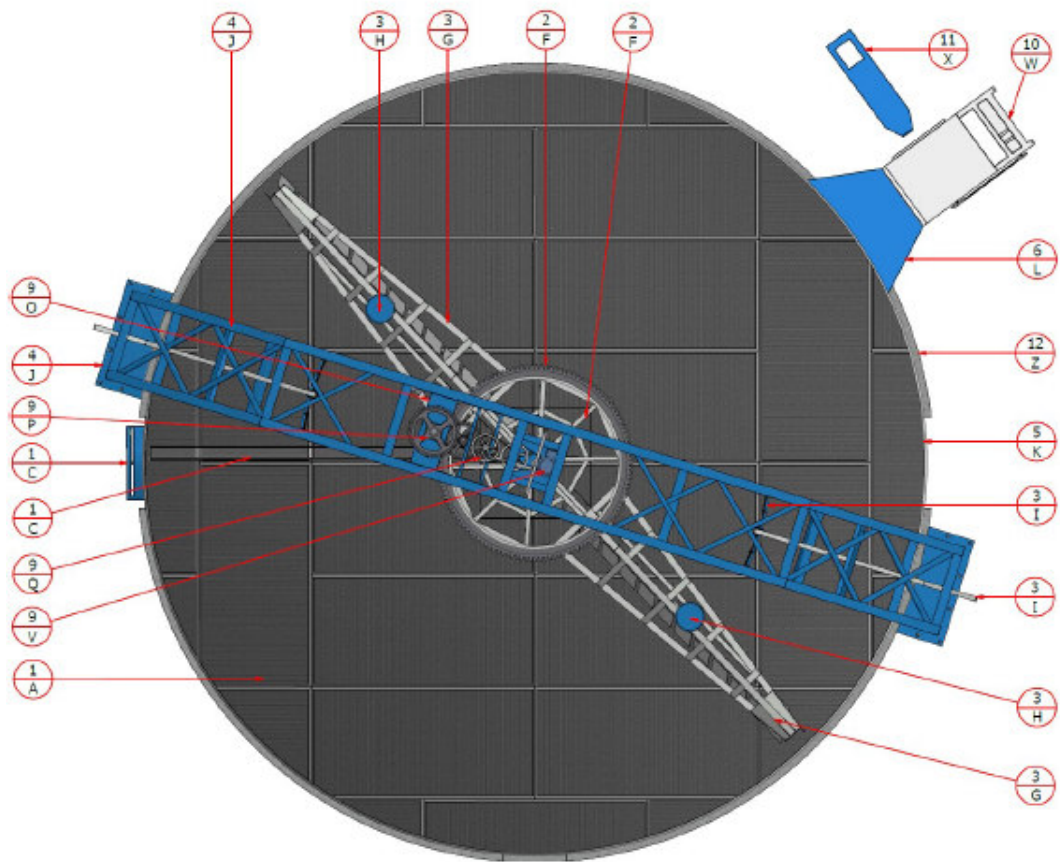


Número	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO
68	Bases para caucho	3	m	Platina 4 x 1/4 / ASTM A-36
82	Marco laterales	10	U.	Tubo cuadrado 100x100x3.0 / ASTM 1163 - C350L0 SHS
83	Enlaces internos	10	U.	Tubo cuadrado 50x50x2.0 / ASTM 1163 - C350L0 SHS
84	Bases cercha laterales	2	U.	Tubo cuadrado 100x100x3.0 / ASTM 1163 - C350L0 SHS
85	Enlaces bases interno	3	U.	Tubo cuadrado 50x50x2.0 / ASTM 1163 - C350L0 SHS
86	Superficie de bases conexión	0,5	U.	Tol Ace. Carbono 6 mm ASTM A-36
87	Sujeción superficie	14	U.	Pernos expansión 3/4x4
88	Enlace central eje	1	U.	Tubo cuadrado 75x75x3.0 / ASTM 1163 - C350L0 SHS
89	Bases chumacera central	10%	U.	Tol Ace. Carbono 10 mm ASTM A-36

**Figura 34 Estructura general de la cercha y bases**

**Fuente: Elaboración propia**

En la siguiente figura 35 se muestra una vista superior de todos los elementos que la conforman la secadora circular homogénea.



**Figura 35 Vista superior de la secadora circular homogénea**  
**Fuente: Elaboración propia**

Cama (I)

- 1 A = Plataforma y bases
- 1 B = Base central de eje
- 1 C = Compuerta de descarga
- 1 D = Recubrimiento interno de descarga
- 1 E = Tolva de tránsito

Caja de arrastre (II)

- 2 F = Sujetadores y bases de cinta

Agitador (III)

- 3 G = Brazos
- 3 H = Dispositivo de ascenso y descenso para sistema de descarga
- 3 I = Accionamiento del dispositivo de ascenso y descenso

Cercha (IV)

4 J = Estructura y bases

Bandeja de secado (V)

5 K = Tina

Compuerta (VI)

6 M = Compuerta de limpieza

Campana (VII)

7 L = Bases para campana

Puerta de descarga (VIII)

8 N = Puerta manual de descarga

Sistema de transmisión y potencia (IX)

9 O = Bases control tracción

9 P = Piñones

9 Q = Poleas y bandas

9 R = Ejes

9 S = Cuña

9 T =Prisionero

9 U = Rodamientos

9 V = Motor

Turbina (X)

Quemador (XI)

Base de hormigón (XII)

#### **4.1.4 Descripción detallada de la realización de la secadora circular**

A la vista de las mencionadas figuras, y de acuerdo con la numeración adoptada, se puede observar en ellas un ejemplo de realización preferente de la secadora circular, así una posible realización preferente de la máquina secadora homogénea circular en su realización preferente, presenta una cama para asentamiento del cacao en grano, comprende esencialmente, los siguientes elementos:

- a) Una plataforma y bases (1 A), ensamblada con tubos cuadrados para el armazón del esqueleto principal (1), sostenido de sus bases con tubos redondos (2), y que presenta a su vez una superficie (3) ensamblada con tool de acero perforado, por ende su borde está sujeta de un anillo (4) con platina para sujetarla con la tina de secado (5K).
  
- b) En el centro consiste de una puerta de limpieza interna (5) ensamblada con tubos cuadradas y de una brida (6) para la apertura del eje central (39), para facilitar la apertura de mantenimiento a los elementos internos por debajo de la misma, existe una perforación en la superficie (3) de la cama (I), donde se acoplará unos bocines para eje de descarga (15) e instalar la compuerta de descarga (1C).
  
- c) Una base central de eje (1B), consiste de un marco central (7) ensamblado con ángulo sujeta en el borde del canal de la base de hormigón (12 Z), a su vez presenta un enlace interno (10) en sus extremos con tubos cuadrado y esta es forrada con una tool de acero para recubrimiento del canal (8). Para armar el cuerpo tipo pirámide está comprendida de una parrilla (9) reforzado con enlaces internos (10) con tubo cuadrado, y en la parte superior presenta una brida para ruliman (11) compuesta de una tool de acero y en el interior ubicar la pista cónica (12) para centrar la barra de acero del eje central (39).
  
- d) Una compuerta del sistema de descarga (1C), consiste de un marco (13) ensamblado con tubos cuadrados de acero y la superficie (3) con tool de acero perforado, y en la parte inferior de la misma está sujeta una escuadra curva con canal (14) para acoplar el eje de descarga (16), este eje será montado en los bocines (15) de la plataforma (1A) de la cama (I).

A demás para el accionamiento de la compuerta esta presenta los siguientes medios:

- e) Un recubrimiento interno de descarga (1D) acoplado en el canal de la base de hormigón (12Z), ensamblado con ángulo para formar el marco (22), a su vez presenta un enlace interno (23) en sus extremos con tubos cuadrado y esta es forrada con una tool de acero para recubrimiento del canal (24), esto permitirá que el producto no caiga en el interior del canal.
  
- f) Una tolva de tránsito (1E), acoplado en el canal de la base de hormigón (12 Z), ensamblada con tool de acero, dispone de una puerta (26) fijadas mediante una varilla lisa (28) y con bisagras (27), y presenta unas bases (29) con tubos cuadrado de acero y previamente fijadas a las orejas de anclaje (30) con platina de acero, a su vez esta es forrada totalmente en las caras laterales internas (31) y superior (32) con tool de acero para evitar que el producto a descargar no se introduzca en el interior de la recamara de aire.
  
- g) El sistema de descarga interna está completa, es decir, comprende de 3 elementos, la compuerta de descarga (1C), recubrimiento interno de descarga (1D), y la tolva de tránsito (1E), donde un forro exterior para palanca (19) sujetas a la tina de secado (94), posee una palanca (17) con manilla (21) sujeto a un bocín en T (18) permite abrir o cerrar la puerta de descarga (1C) y a su vez por la misma acción a la puerta interna (26) de la tolva (25) que están unida a unas varillas (28), de esta manera el producto será descargado de forma continua y por gravedad.
  
- h) Una caja de arrastre (II) con 2 cuerpos estructurales que unidos con el ángulo de sujeción (33) forman un decágono con tejidos internos (36), comprendidos de un marco superior (34) y el marco lateral (35) para ensamble de los brazos, a su vez en la parte superior presenta un anillo para la base (37) de la cinta de trasmisión de hierro fundido (38), donde esta es sujeta al eje central (39) asegurada a la brida central (40).

Para la remoción homogénea del producto, comprende esencialmente, los siguientes elementos:

- i) Unos brazos (3G) que son ensamblado en cada marco lateral (35) de la caja de arrastre (II), la estructura presenta tubos cuadrados de acero para la construcción del chasis (47) y en la punta una placa de refuerzo (49), a su vez consiste de rastras (50) unidas con sus enlaces internos (51) con platinas de acero, en la parte inferior estas son ensambladas con paletas de arrastre (52), mismos permitirán que el producto sea arrastrado en toda la circunferencia de giro de la tina (5K) de secado.
  
- j) Un dispositivo de ascenso y descenso para sistema de descarga (3H) acoplados en cada brazo (3G), mediante una base #1 (61) con chumacera (60) de piso instalada en la parte superior central del chasis (47) del brazo y una base #2 (53) ubicada entre las rastras (50) para ensamblar el tornillo (59) con su respectivo bocín guía (65), esto permitirá que al momento que entre en contacto la catalina (64) con la lona (75) en su eje (39) de giro, la tuerca (66) descenderá en conjunto con el ronsador (54 y 55) gradualmente.
  
- k) Un sistema de accionamiento del dispositivo de ascenso y descenso (3I) acoplado entre los 2 extremos del marco lateral (82) de la cercha (IV), presenta base con ángulos de acero (69) permitiendo la sujeción de los bocines (71) y el libre deslizamiento de las varillas de ascenso y descenso (70), donde estas son unidas al tubo rectangular de refuerzo (73), a su vez está conformada de una platina #1 para bases de caucho (68), lona de contacto (75) y un seguro platina #2 (76) con pernos de acero (77). Además, para el accionamiento de este sistema presenta una palanca manual (72) situadas en la parte superior de las bases (84) de la cercha, permitiendo la conexión entre la catalina (64) y la platina curva porta caucho (75) generando el movimiento para el descenso de arransador (55) en el tornillo (59) principal.



- l) El sistema y estructura general de la caja de arrastre y agitador está completa, es decir, comprende de sujetadores y bases de cinta (2 F) y brazos de remoción (3G) con sistema de ascenso y descenso para des (3 H) evacuar el producto seco desde la plataforma (1A) de la tina (5K) de secado.

La estructura general de la cercha y bases, comprende lo siguiente:

- m) Estructura conformada de marcos laterales (82) y enlaces internos (83), con tubos cuadrados de acero, además en el centro esta acoplado una base con chumacera pared (90) para el montaje del eje central (39), a su vez presenta bases (84) estructurales compuesta de placas (86) sujetas con pernos de expansión a la superficie del piso para la estabilidad y rigidez del movimiento del agitador.

La bandeja de secado comprende lo siguiente:

- n) Recubrimiento (94) con tool de acero sujeta al anillo marco de fuerza (95) hasta formar la circunferencia según la capacidad requerida, a su vez presenta una compuerta de limpieza (VI) sujeta con pernos (99) y tuercas (100) tipo mariposa para realizar mantenimiento en el interior de la recamara de aire.

Además, a lo antes mencionado e debe incorporar equipos para la emisión de aire caliente y son los siguientes:

- o) Debe comprender de un quemador (XI) con sistema de seguridad industrial de consumo con gas licuado de petróleo GLP, el calor que se genera es transmitido a la turbina (X) de alto caudal que a su vez lo envía a una campana (VII) distribuidor de calor por medio de romper aires, mismo es disipado a la cama (I) para el asentamiento del producto en toda

la bandeja de secado (VI) según el porcentaje de humedad del producto, el sistema de remoción comprendida de la caja de arrastre (II) y el agitador (III) están sujetas a la cercha (IV), permitiendo que el producto sea secado homogéneamente sin triturarlo por medio del contacto de la cama y las rastras (50) con sus paletas (52), ya que las paletas de cada brazo están alineadas secuencialmente. La cama (I) y la bandeja de secado (V) son ensambladas sobre una superficie de hormigón armada “base” (XII) a una altura de 0.50 m con un canal en su centro para la instalación de bandas transportadoras de producto al granel, misma permitirá receptor el producto descargado por medio de los sistema y dispositivos de descarga.

- p) Un sistema de transmisión de fuerza por efectos de diseño puede ser accionado por una caja reductora con juego de piñones o directamente realizar juego de piñones, poleas y bandas.

#### **4.1.5 Rendimiento en secado**

En la siguiente tabla 11 se muestra la capacidad de secado en quintales (qq) en relación al diámetro que deberá tener cada secadora circular homogéneo, así como su consumo y la potencia requerida.

**Tabla 11 Datos técnicos de secadoras con diversos diámetros**

<b>Dimensión Ø (m)</b>	3,66	4,27	6,05	6,60	7,81	8,5
<b>Capacidad Max. (Cacao fermentado 20%)</b>	40 qq	60 qq	120 qq	150 qq	250 qq	300 qq
<b>Potencia turbina (HP)</b>	3	5	10	15	20	20
<b>Potencia Transmisión(HP)</b>	1	2	3	5	5	5
<b>Suministro (25Ø a 38Ø)</b>	Motor Monofásico		Motor Trifásico / Monofásico			
<b>Voltaje (V)</b>	220 / 360 / 440 V - 60Hz					
<b>Sistema de calor</b>	Intercambiador de calor (GLP)					
<b>Combustión promedio (Gas: kg / h)</b>	Gas: 8 – 15	Gas: 11 – 20	Gas: 15 – 25	Gas: 18 – 30	Gas: 21 -35	Gas: 24 -40
<b>Tiempo operacional (fermentado 20%)</b>	7 – 10 horas-máquina					
<b>Materiales de fabricación</b>	Acero Inoxidable (°304 o °430)					

**Fuente: Elaboración Propia**

## 4.2 Automatización del Seleccionador

Los cuerpos extraños presentes antes de la selección de cacao pueden ser piolas, clavos, piedras y piezas metálicas, además en este proceso de selección también se extrae el cacao partido o pequeños trozos de cacao, se toma en cuenta estas características como el procedimiento para la elaboración del seleccionador de cacao (Amores, 2010).

La selección de cacao sigue siendo la separación de la almendra del cacao de cualquier otro distinto material e inclusive de entre almendras si están trozadas o agrupadas más de dos entre ellas.

Los procesos de selección de cacao en el Ecuador son tareas manuales en donde existe uno o más personas haciendo inspecciones físicamente y si

detectan un material extraño hacen las separaciones respectivas. Los procesos de seleccionado llevan mucho tiempo y depende de la agilidad de las personas seleccionado para determinar el tiempo ocupado en estas laboriosas tareas, además del tiempo ocupado existen riesgos laborales muy importantes que se detalla más adelante en este trabajo de investigación y se ha plasmado en una matriz así como en las tareas de secado, en estas tareas de secado los riesgos ergonómicos también están presentes por los movimientos repetitivos y las posturas forzadas, adicional están otros riesgos distintos como la fatiga visual y la exposición a cortes en las extremidades inferiores por la presencia de piezas metálicas que pueden haberse adherido en los procesos previos a la selección. En la figura 36 se muestra a una persona sentada inspeccionando el cacao y al detectar cualquier material extraño lo separa y lo deposita en el recipiente de color blanco para luego ser desechado como basura común.



**Figura 36 Selección de cacao de manera manual**  
**Fuente: Elaboración propia**

## **4.2.1 Componentes de un seleccionador de cacao**

El seleccionador de cacao es un equipo que realiza su función por medio de la clasificación de sus pesos específicos, a continuación se detalla su composición estructural, su forma de manejo y el funcionamiento de su principio en los tres sistemas que los compone:

- Sistema de zarandeo semi-elíptico o zic-zac
- Sistema de ventilación
- Sistema de suspensión y regulación

### **4.2.1.1 Sistema de zarandeo semi-elíptico o zic-zac**

El sistema de zarandeo elíptico se compone de una mesa con una estructura compuesta de un 95% de madera, con un marcó rectangular compuestos de batientes (12 centímetros de altura, 7 centímetros de grosor) entretejida con 77 tiras de madera que la atraviesan a lo largo a 5 centímetros y con doble fondo de malla mez12, entretejida en acero inoxidable con pequeñas perforaciones que permiten solo el paso aire que viene desde el interior de la maquinaria impulsados por sus 7 ventiladores propulsores, lo que permite disminuir la tensión superficial entre los productos y la malla al encontrarse ligeramente inclinada entre 2° y 4°.

Al empezar el principio de zarandeo los productos de menor peso perderán su gravedad con el impulso de aire, lo que permite separar de manera inmediata lo pesado y lo ligero sumado a esto la inclinación y el movimiento elíptico.

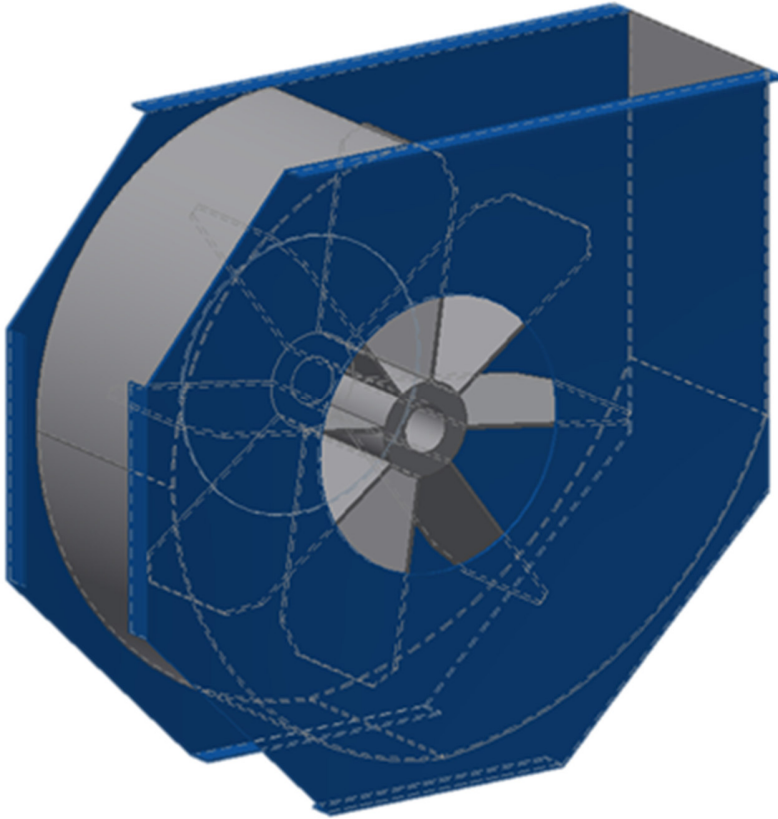
La mesa tiene una barrera protectora en la parte superior que permite la contención del producto que forma una capa de espesor de entre uno a diez centímetro de altura a lo largo y ancho de toda su superficie, cuenta con tiras en forma de ángulo ubicada cada 5 centímetro entre sí de forma horizontal que permiten una canalización homogénea en la separación del producto obligando a los productos de mayor peso a ir en sentido contrario a los productos de menor

peso, al no existir esta canalización, el producto podría desembocar de manera directa en la parte final del proceso sin que exista una separación eficiente.

La mesa tiene que estar exactamente alineada en relación a los brazos de empuje concéntricos los cuales producen la vibración.

#### **4.2.1.2 Sistema de ventilación**

El sistema de ventilación cuenta con 7 ventiladores de 8 paletas rectas en forma de caracol como se muestra en la figura 37 (diseño en 3D), cada uno con una variación promedio de empuje/extracción de aire 1000-3000 cfm, según la regulación de entrada de aire en cada ventilador, estos mismos se encuentran distribuidos a lo largo de la máquina de manera sistemática, para obtener una presión de aire uniforme a lo largo de la zaranda clasificadora, cada ventilador cuenta con un sistema de regulación que permite mayor o menor cantidad de entrada y salida de aire lo que nos permite realizar una distinción más precisa entre el peso específico de cada producto (liviano y pesado).



**Figura 37 Sistema de ventilación**  
**Fuente: Elaboración propia**

#### **4.2.1.3 Sistema de suspensión y regulación**

##### **a) Suspensión**

El sistema de suspensión está diseñado con 4 bases metálicas que envuelven un tablón de madera ubicadas en la parte posterior de la maquinaria y en la parte frontal de la misma una de las bases va fija al chasis de la maquinaria y cuenta con un sistema de templadores que permiten calibrar su inclinación, estas piezas sirven de soportes para las bases superiores las cuales están separadas por delgadas platinas que se encuentran en grupo estas platinas son en aleación en acero templado con alta flexibilidad debido a su delgado espesor de aproximadamente 2 mm cada platina .

Estas platinas se encuentran colocadas en 4 grupos de 6 platinas cada una 12 en la parte frontal y 12 en la parte posterior, se encuentran ligeramente inclinadas para lograr un efecto vibratorio exacto para la clasificación de los granos.

## **b) Regulación**

### **b-1) Regulación de inclinación lateral**

Esta regulación nos permite inclinar la maquina lateralmente para hacer una distribución mayor o menor entre los productos de diferentes densidades una mayor o menor distención.

### **b-2) Regulación de inclinación frontal**

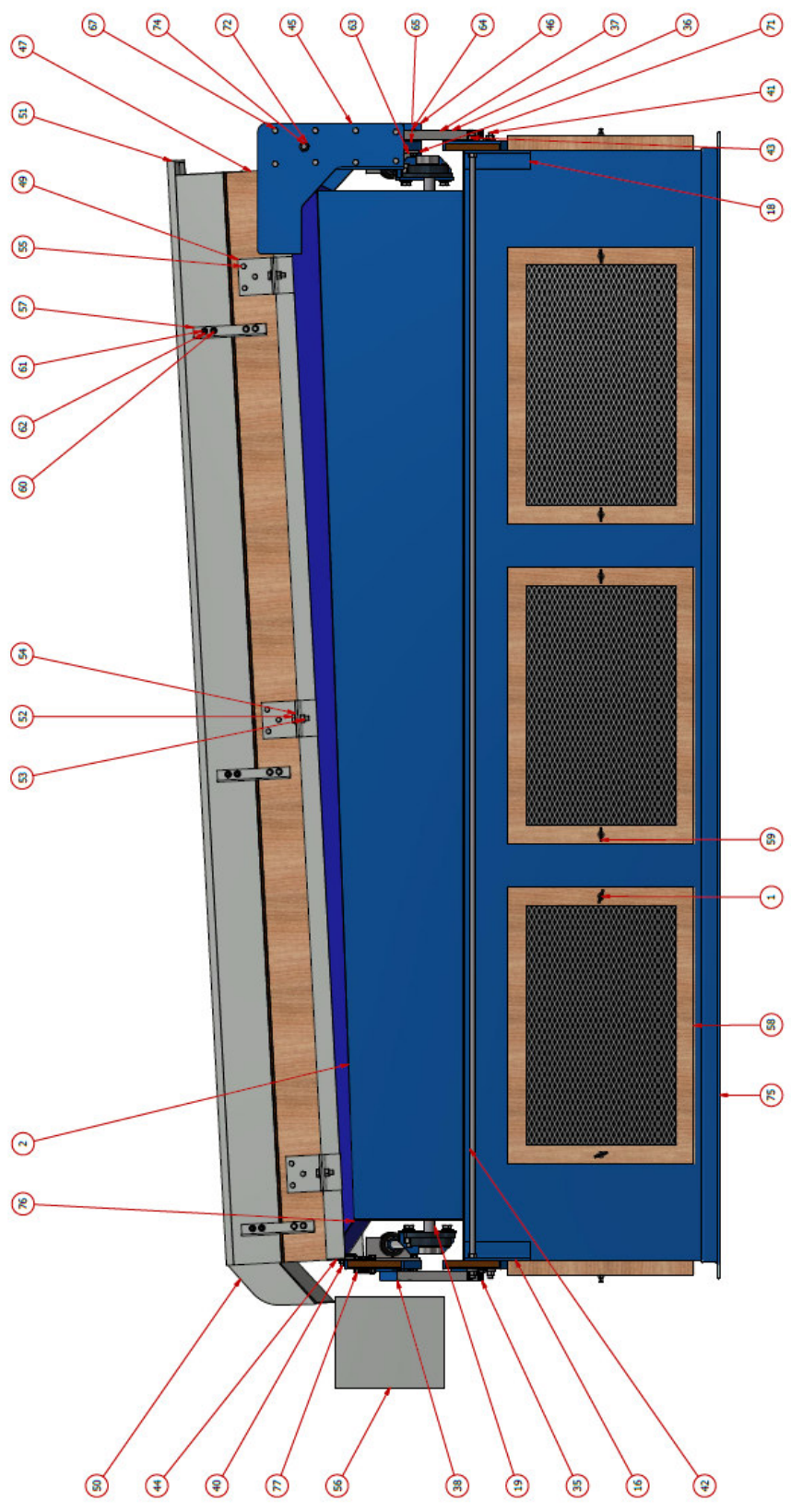
Esta regulación se encuentra ubicada en la parte posterior de la maquinaria esto nos permite elevar o bajar la parte posterior de la maquinaria con el propósito de aumentar el flujo o la velocidad de salida del producto hacia la parte delantera ya que el producto ingresa por la parte posterior de la máquina y sale hacia la parte posterior de la misma.

### **b-3) Regulación de ventiladores**

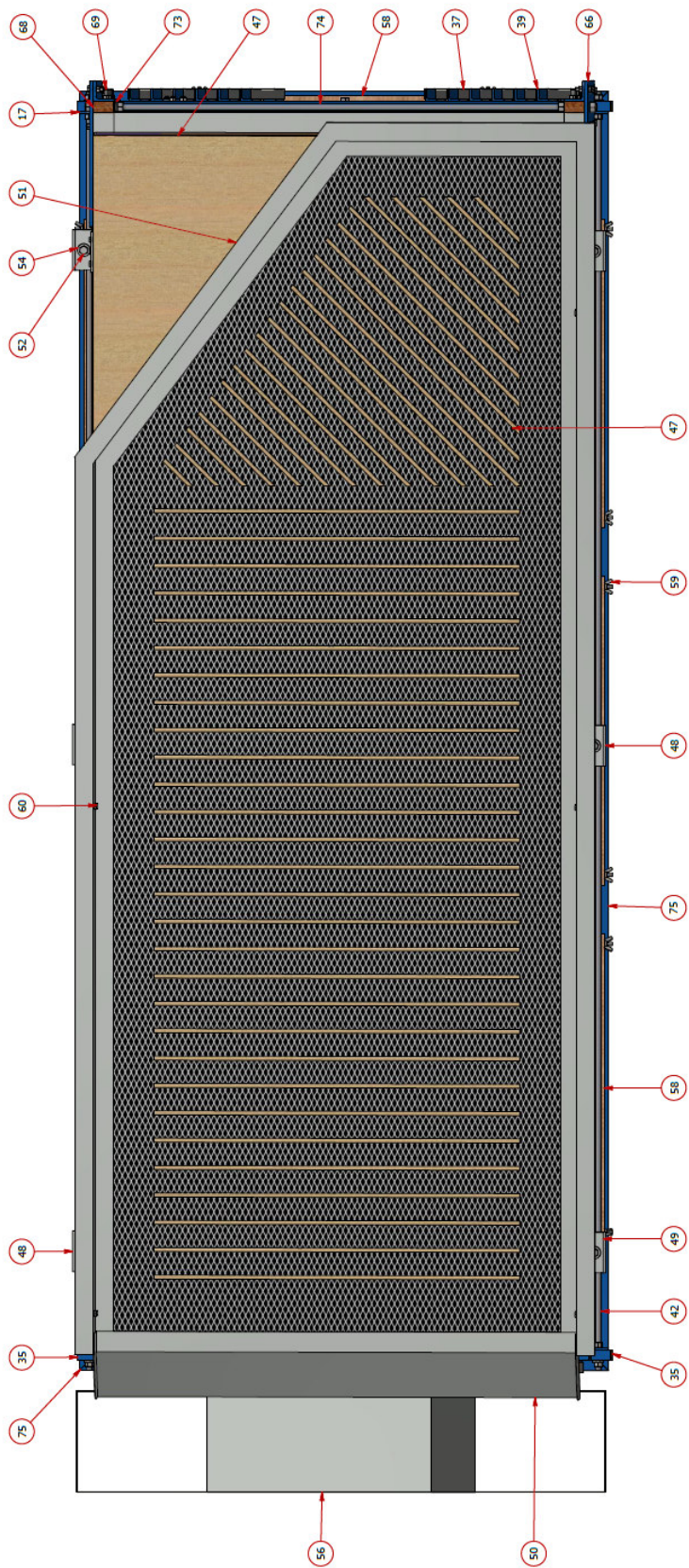
Estos sistemas de regulación de ventiladores se componen de 7 piezas diseñadas con 2 compuertas, ubicadas en la misma dirección del ventilador, cada ventilador cuenta con dos entradas de aire con dos compuertas cada una ubicada en dirección a los ventiladores ubicados en el interior de la maquinaria este sistema. El principio de estos reguladores consiste en permitir regular la entrada de aire a la recamara central que se encuentra en el centro de la maquinaria.



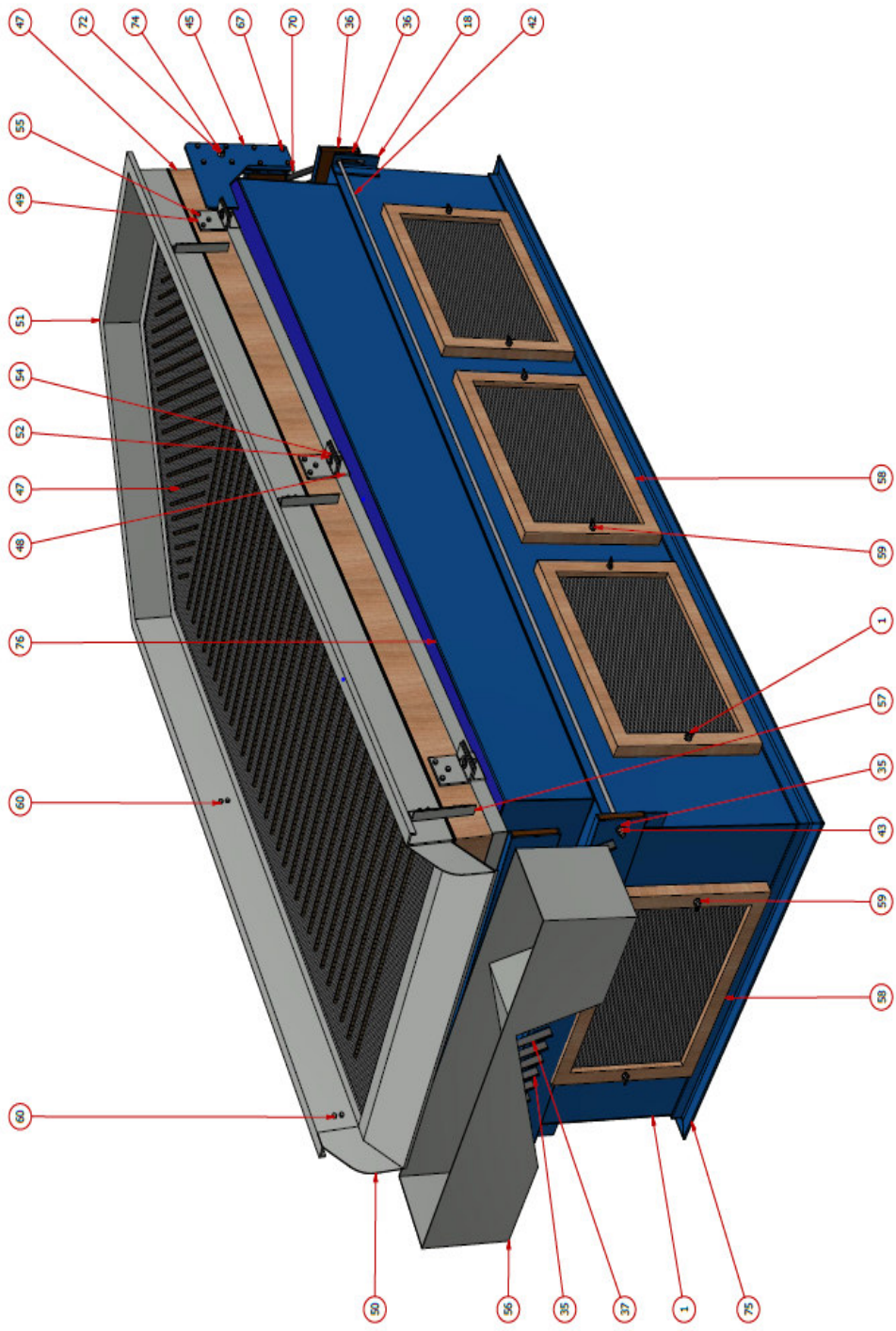
Para un mejor entendimiento de lo antes mencionado, a continuación se mostrarán las figuras 38 a la 44 las vistas exteriores e internas de los componentes y cada una de sus partes se detallan correspondientemente en la tabla 12.



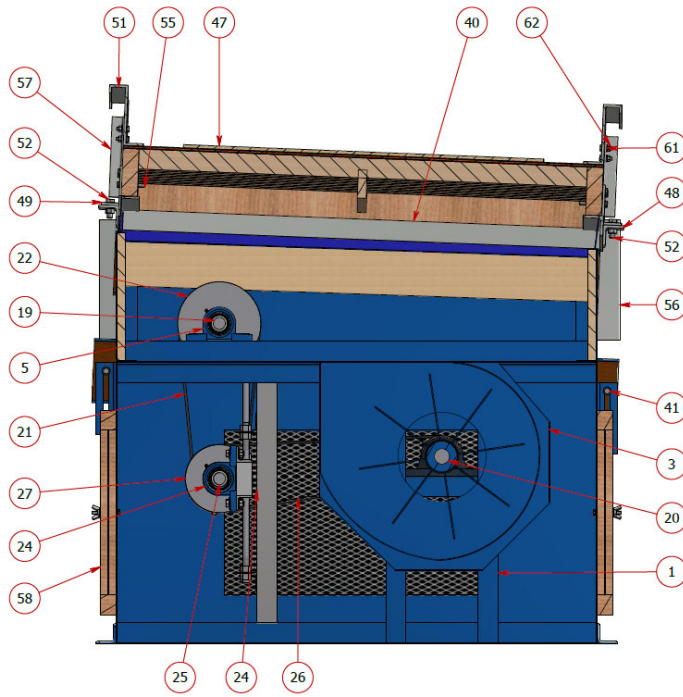
**Figura 38** Vista lateral del seleccionador de cacao  
**Fuente:** Elaboración propia



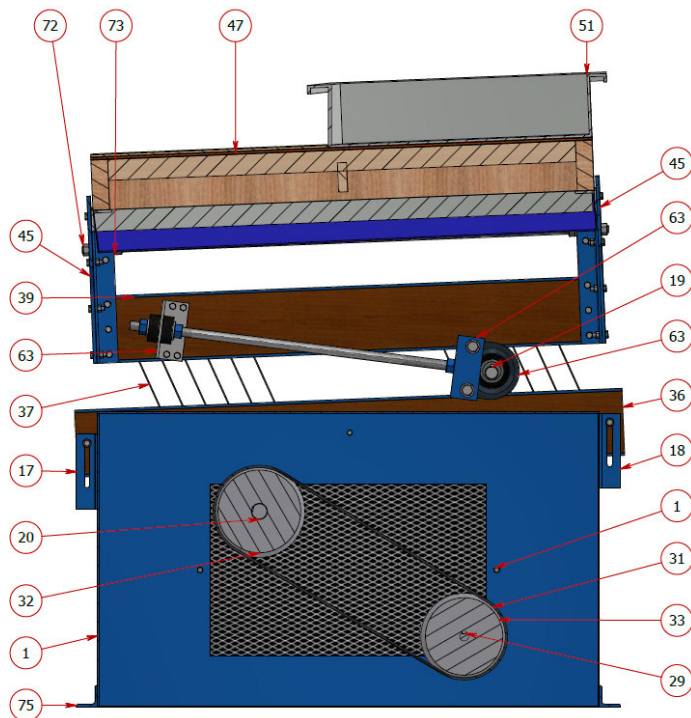
**Figura 39 Vista superior del seleccionador de cacao**  
**Fuente: Elaboración propia**



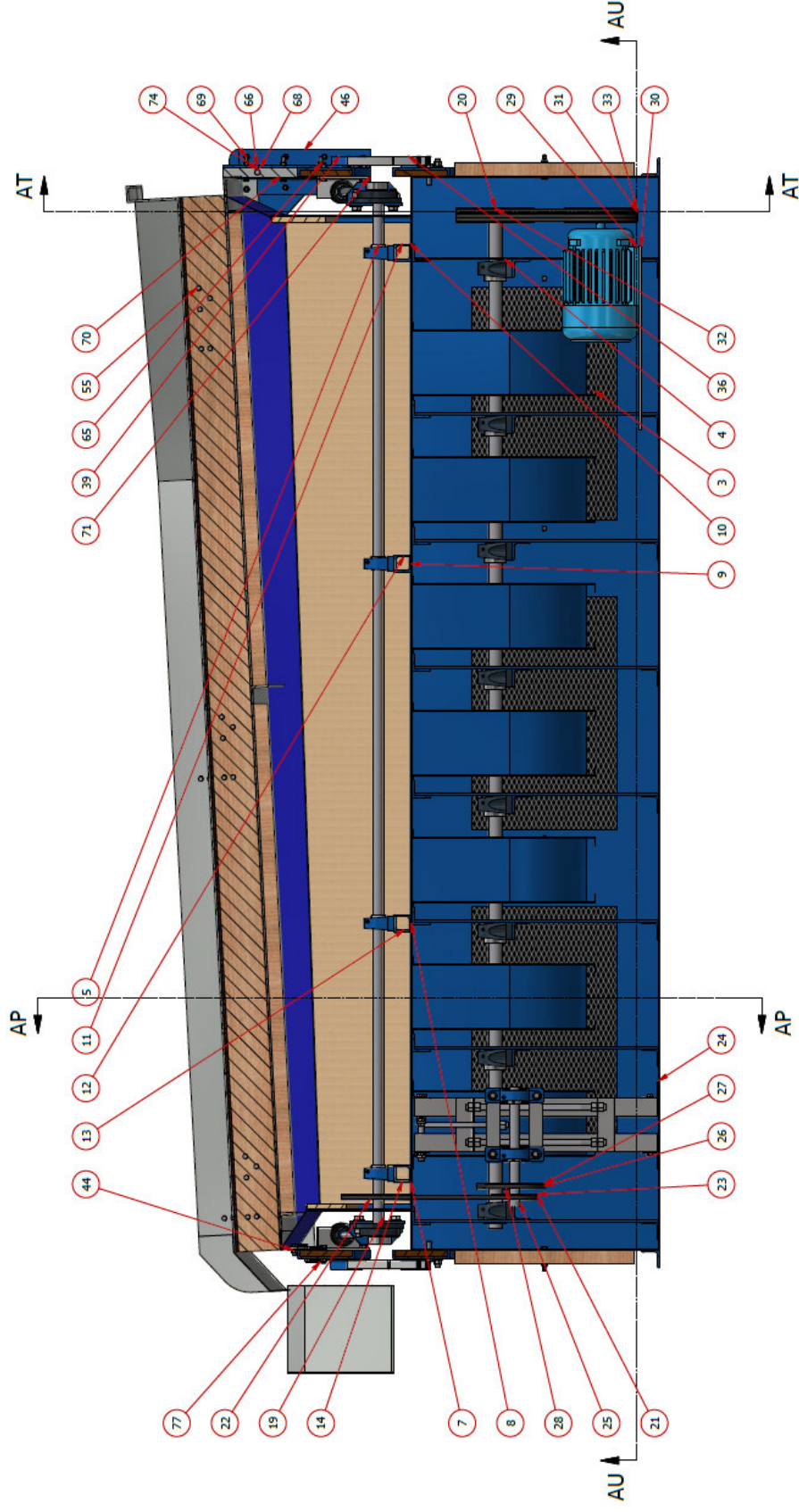
**Figura 40** Vista isométrica del seleccionador de cacao  
**Fuente:** Elaboración propia



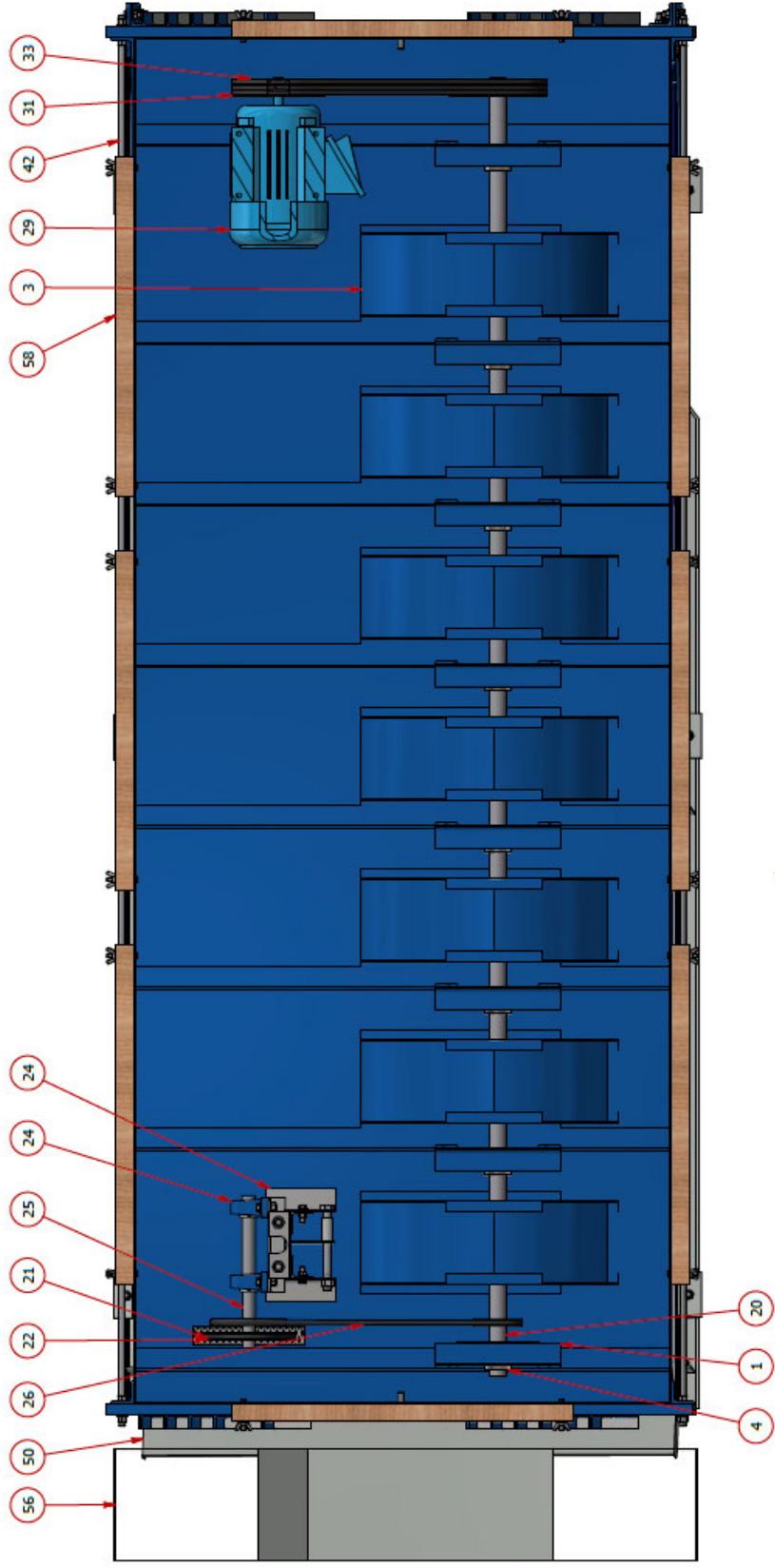
**Figura 41 Vista interna frontal del seleccionador de cacao**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 42 Vista interna posterior del seleccionador de cacao**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 43** Vista interna lateral del seleccionador de cacao  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 44** Vista interna superior del seleccionador de cacao  
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 12 Descripción de partes y piezas que conforman el seleccionador de cacao**

ELEMENTO	CANTIDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Chasis forro oliver	
2	1	Ensamble forro ventilación	
3	7	Elice ventilador	
4	8	NP1.1/2DEC	Self-Lube cast iron pillow block unit ,insert with excentric collar - NP1.1/2DEC
5	4	24200-30206	
6	1	Línea ángulo sostén forro ventilación	
7	1195,7 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 47,077	Sección angular acero
8	1195,7 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 47,077	Sección angular acero
9	1195,7 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 47,077	Sección angular acero
10	1195,7 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 47,077	Sección angular acero
11	200,0 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 7,874	Sección angular acero
12	200,0 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 7,874	Sección angular acero
13	200,0 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 7,874	Sección angular acero
14	200,0 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 7,874	Sección angular acero
15	180,0 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 7,087	Sección angular acero
16	180,0 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 7,087	Sección angular acero
17	180,0 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 7,087	Sección angular acero
18	180,0 mm	AISC - L 2 x 2 x 1/4 - 7,087	Sección angular acero
19	1	Eje	
20	1	Eje	
21	1	Correa trapezoidal	
22	1	Polea ranurada 1	
23	1	Polea ranurada 2	
24	1	Estructura base para eje regulador de bandas	
25	1	Eje	
26	1	Correa trapezoidal	
27	1	Polea ranurada1	
28	1	Polea ranurada2	
29	1	motor elevador3	
30	1	Bases de motor	
31	3	Correa trapezoidal	
32	1	Polea ranurada1	
33	1	Polea ranurada2	
34	1	Línea ángulo base eje tensor	
35	1	Baranda sostén 1310	
36	1	Baranda sostén 1310_mir	



37	24	Plaquillas de acero	
38	1	Baranda sostén 1210	
39	1	Baranda sostén 1210_mir	
40	1	Parrilla cama	
41	1	Eje	
42	1	Eje	
43	8	AS 2465 - 1/2 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales
44	1	Tool central parrilla y baranda	
45	2	Orejas sostén de baranda posterior	
46	1	Escuadra ángulo oreja	
47	1	Cama madera oliver	
48	1	Angulo sostén parrilla y cama	
49	6	Oreja sostén, ángulo parrilla y cama	
50	1	Rampa bandeja cama	
51	1	Bandeja bordillo cama	
52	6	AS 2465 - 1/2 x 1 1/2 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales
53	6	AS 2465 - 1/2 UNF	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales
54	6	ANSI B18.22.1 - 1/2 - Normal - Tipo B	Arandela plana (Pulgada) Tipo A y B
55	28	AS 2465 - 5/16 x 2 1/2 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales
56	1	Tolva clasificado	
57	1	Angulo amarre cama y bandejas	
58	8	Ensamblaje 3	
59	16	ANSI B18.17 - 5/16 - 18 Normal	Tipo A - Tuerca de palomilla
60	10	AS 2465 - 5/16 x 1 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales
61	20	ASTM F436 - 5/16	ANSI B18.22.1 Tipo A
62	10	AS 2465 - 5/16 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales
63	2	Excéntrico	
64	50	AS 2465 - 3/8 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales
65	8	AS 2465 - 3/8 x 1 3/4 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales
66	1	Escuadra Angulo oreja_mir	
67	16	AS 2465 - 3/8 x 1 1/4 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales
68	3	Tablillas	
69	10	AS 2465 - 3/8 x 2 1/2 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales

70	1	Escuadra ángulo oreja	
71	1	Escuadra ángulo oreja sanduche_mir	
72	4	AS 2465 - 5/8 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales
73	2	ASTM F436 - 1/2	ANSI B18.22.1 Tipo A
74	1	Eje	
75	1	Bases oliver	
76	1	Forro	
77	8	AS 2465 - 3/8 x 1 1/2 UNC	Tuercas, tornillos y pernos hexagonales

**Fuente: Elaboración Propia**

En la figura 45 se puede evidenciar el diseño del seleccionador automático que fue elaborado para el cumplimiento del objetivo planteado en esta investigación, al igual que la secadora automática de cacao el seleccionador fue instalado en Nestlé Ecuador para llevar acabo las pruebas experimentales de campo.



**Figura 45 Clasificadoras de cacao instaladas para la investigación**  
**Fuente: Elaboración propia**

El seleccionador que se muestra en la figura 45 cumple con las características técnicas que se muestra en la siguiente tabla 13.

**Tabla 13 Características técnicas del seleccionador de cacao**

Dimensión (ancho x largo)	1,10 x 2,80 metros
Capacidad para seleccionar cacao	5 toneladas/hora
Voltaje (V)	220 V- 60Hz
Potencia (Kw)	15
Tiempo A. Operacional (h)	4
Peso	450 kg

**Fuente: Elaboración propia**

### **4.3 Características sensoriales del cacao**

La evaluación sensorial implica el empleo y desarrollo de principios y métodos para medir la respuesta humana hacia productos e ingredientes incluyendo los alimentos. El concepto subyacente es el ser humano como evaluador para la obtención de descriptores que sustenten la calidad de un alimento (Acosta, 2009).

Para el fabricante, la evaluación sensorial es la única prueba confiable para determinar si puede utilizar determinado cacao para sus productos. Esta prueba permite medir, analizar e interpretar reacciones de las características de los alimentos, los cuales son percibidos por los sentidos de la vista, olfato y gusto es decir sabor y aroma.

#### **4.3.1 Evaluación de las características sensoriales del color**

Las pruebas de color para el cacao en grano se realizan sin la necesidad de equipos, es de manera muy sencilla e instantánea, el nivel de determinación

dependerá del conocimiento del evaluador, a continuación, se detalla cómo se clasifica:

- a) **Grano pizarroso (pastoso):** Es un grano sin fermentar, que, al ser cortado longitudinalmente, presenta en su interior un color gris negruzco o verdoso y de aspecto compacto (INEN, 2006).
- b) **Grano dañado por insectos:** Aquel que ha sufrido deterioro en su estructura (perforaciones) debido a la acción de insectos (INEN, 2006).
- c) **Grano violeta:** Grano cuyos cotiledones presentan un color violeta intenso, debido al mal manejo durante la fermentación (INEN, 2006).
- d) **Grano ligeramente fermentado:** Grano cuyos cotiledones ligeramente estriados presentan un color ligeramente violeta, debido al mal manejo durante la fermentación (INEN, 2006).
- e) **Grano de buena fermentación:** Grano fermentado cuyos cotiledones presentan en su totalidad una coloración marrón o marrón rojiza y estrías de fermentación profunda. Para el tipo CCN-51<sup>8</sup> la coloración variará de marrón a marrón violeta (INEN, 2006).
- f) **Grano mohoso:** Aquel que ha sufrido deterioro parcial o total en su estructura interna debido a la acción de hongos, determinado mediante prueba de corte (INEN, 2006).

---

<sup>8</sup> Es un cacao clonado de origen ecuatoriano que el 22 de junio del 2005 fue declarado, mediante acuerdo ministerial para la producción de este cacao, así como su comercialización y exportación.

### 4.3.2 Evaluación sensorial del moho

La presencia de moho en el cacao en grano es debido generalmente a una sobre fermentación de las almendras o a un incorrecto secado, al momento de hacer pruebas organolépticas se describe licores con sabor mohoso y como referencia de su sabor a pan viejo o musgo. El moho en el cacao afecta directamente en la fabricación de chocolates y en el almacenamiento para su posterior comercialización. Los mohos internos constituyen uno de los defectos más graves porque, aún en pequeña proporción, dan lugar a malos sabores.

En la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 176:2006 CACAO EN GRANO. REQUISITOS. Cuarta Revisión., indica el porcentaje de moho que debería tener como máximo cada calidad de cacao para su exportación, en la tabla 14 se muestra los porcentajes máximos permitidos en moho en el cacao.

**Tabla 14 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							

**Fuente:** INEN (2006)

La prueba de determinación de moho en el grano de cacao es de manera visual, la persona que vaya a determinar la presencia de moho debe estar previamente entrenado para reconocer el moho (hongo), en un corte de almendras que no hay la presencia de moho se muestra como se indica en la figura 46, se toma una muestra de manera aleatoria y homogenizada de 100 almendras y por cada una de ellas que tengan la presencia de moho representa el 1%.



**Figura 46 Cacao sin presencia de moho**  
**Fuente: Elaboración propia**

El corte de las 100 almendras de cacao es de manera longitudinal por la mitad de modo que se pueda observar el grano por dentro, este corte se puede realizar de manera manual usando un estilete, cuchillo o mediante una tabla magra como se muestra en la figura 47.



**Figura 47 Cacao cortado usando tabla magra**  
**Fuente: Elaboración propia**

En la NTE la denominación de grano mohoso es aquel grano que ha sufrido deterioro parcial o total en su estructura interna o externa debido a la acción de hongos (moho).

#### **4.3.3 Determinación de las características sensoriales de sabor**

La evaluación de las características sensoriales del sabor para el cacao en grano se clasifica en atributos primarios, secundarios y defectos, a continuación se detalla las características y como se percibe en el cacao según Villavicencio (2010).

##### **a) Atributos Primarios**

**Floral:** Nota dulce de sensación floral. Ej. Flores (Jasmín, rosas, lilas, jacintos) o perfume en general.

**Frutal:** Nota aromático de frutas maduras. Nota ligeramente dulce.

**Cacao:** Sabor de granos bien fermentados y tostados típico sabor de cacao sin sabores extraños. Ej, chocolate negro, polvo de cacao.

### **b) Atributos Secundarios**

**Amargo:** Sabor percibido sobre la parte posterior de la lengua que se mantiene en la parte posterior del paladar y garganta Ej. Solución diluida de quinina, aspirina, cerveza, café negro, pomelo toronja.

**Acido:** Sabor rápidamente percibido sobre la parte media o a los lados de la lengua, produce abundante salivación. Ej. Solución de ácidos (cítrico, láctico, tartárico), vinagre, jugo de limón.

**Astringente:** Sabor producido por los taninos y algunos polifenoles, los cuales causan al ingresar a la cavidad bucal una contracción de la superficie de las mucosas de la boca, dejando una sensación de resequedad. Ej. Parte interna de la cáscara de plátano/banano, granos de cacao sin fermentar.

**Verde:** Sensación característica a pasto o hierba recién cortados. Ej. Cascara de banano, mango verde.

### **c) Defectos**

**Moho:** Sabor a moho o a hongos frescos. Ej. Moho de frutas o vegetales.

**Humo:** Sabor y aroma que proviene de la contaminación con humo. Ej. Madera quemada, humo líquido.

**Sobrefermento:** Sabor característico de granos de cacao sobrefermentados, Ej. Frutas o vegetales podridos.



**Químico:** Sabor de las medicinas o del olor de los hospitales. Contaminación o mezcla con químicos durante el almacenamiento o el transporte. Ej. Desinfectantes, fenoles, formaldehído.

**Combustible:** Sabor que recuerda los vapores de combustión. Ej. Gasolina, queroseno, diésel, aceite combustible.

**Otros:** Cualquier otro sabor no definido que afecte negativamente la calidad organoléptica del licor de cacao.

La evaluación de las características sensoriales de cacao permite realizar conclusiones sobre el nivel de fermentación y la calidad organoléptica del producto obtenido. Sus resultados introducen elementos de transparencia en la fase de comercialización del cacao en grano a nivel nacional e internacional ofreciendo referencias para la toma de decisiones (Sánchez, 2007).

La figura 49 se muestra la forma del licor de cacao en su estado líquido, después de haber pasado por un molino (figura 48), donde el principio de funcionamiento es la fricción y el rompimiento en donde libera el glóbulo de grasa que hacer cambiar de estado sólido a líquido, en el anexo 3 se describe detalladamente el proceso para la elaboración del licor de cacao.



**Figura 48 Licor de cacao realizado en molino**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 49 Licor de cacao listo para degustación sensorial**  
**Fuente: Elaboración propia**

Las muestras de licor de cacao se deben guardar en bolsas laminadas selladas metalizadas o en envase de plástico cerrado con tapa. El material de empaque tiene que ser de grado alimenticio y es esencial verificar que no está manchando el licor. La temperatura ambiente no debe superar los 22°C.

La duración del tiempo para conservar el licor de cacao depende de la temperatura del lugar de almacenamiento, así como de la manipulación de la

muestra (por ejemplo: si la masa de cacao se calienta en varias ocasiones). El licor de cacao puede mantenerse durante 2 años en las condiciones de envasado definidas anteriormente y en un almacén  $<18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Si el licor no está envasado siguiendo las condiciones anteriores y/o la temperatura ambiente es  $\geq 18^{\circ}\text{C}$ , el licor de cacao debe mantenerse durante máximo 1 año (Sánchez, 2007)

Cuando la muestra de cacao está solidificada se deberán seguir los siguientes pasos:

- a) Colocar una porción de licor de cacao solidificado en un vaso de precipitación de 10 ml y tapar la muestra con papel de aluminio
- b) Temperar en baño maría a una temperatura de  $45^{\circ}\text{C}$
- c) Retirar la muestra, mezclarla con una cucharilla plástica para homogenizar
- d) La muestra está lista para ser degustada



**Figura 50 Licor de cacao solidificado**

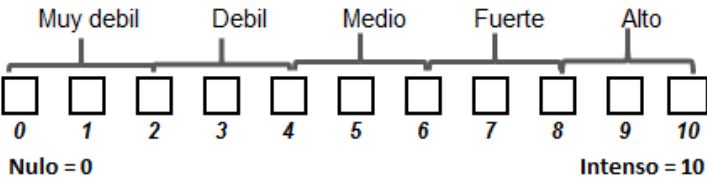
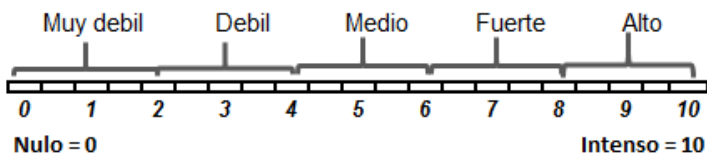
**Fuente: Elaboración propia**

Los panelistas sensoriales de Nestlé Ecuador indican que los lotes de cacao que no son degustado son los que no presentan alto perfil o características sensoriales, y se clasifica de la siguiente manera:

- a) Asignación Fermentación Baja (F-B)
- b) Moho
- c) Presencia de infestaciones en el grano
- d) Aromas extraños.
- e) Destino mercado local
- f) Asignación CCN-51
- g) Asignación Otros

Sánchez (2007), manifiesta que para la prueba de perfiles, se recomiendan dos tipos de escalas de intensidad dependiendo del nivel de entrenamiento del panel, de la precisión de los datos y del sistema de recolección de datos.

**Tabla 15 Escala de los perfiles sensoriales**

Para principiantes, sesiones de formación o cuestionarios en papel	<p>Escala estructurada o de categoría de 0 a 10</p> 
Se recomienda cuando hay una necesidad de precisión (es decir: correlación con otros conjuntos de datos ...)	<p>Escala no estructurada de 0 a 10</p> 

**Fuente:** Panel sensorial de Nestlé

**Atributo sensorial:** Se establece una lista de atributos sensoriales junto con su definición para cada sesión de degustación sensorial. A continuación, se muestra un ejemplo de una lista de atributos en la tabla 16, evaluados en una prueba de perfiles, todos los atributos de sabor se han calificado de nulo a fuerte:

**Tabla 16 Listado de atributos de los perfiles sensoriales del cacao**

1	Cacao	El sabor general de granos de cacao a granel bien cosechados y bien procesados sin defecto Referencia: Chocolates oscuros sin sabor
2	Fruta	Sabor de frutas maduras o cocidas frescas Por ejemplo: manzana, pera, cítricos, tropicales, frutas de hueso y bayas.
3	Fruta seca	Sabor de frutos secos. Por ejemplo: pasas e higos
4	Picante	Sabor de especias calientes. Por ejemplo: semilla de coriandro, nuez moscada, clavo de olor, canela, cardamomo y jengibre Sabor de especias calientes Por ejemplo: Pimienta y chile
5	Floral	Sabor de flores o perfumes, Por ejemplo: jazmín, rosa Referencia: Cacao en grano ecuatoriano de genotipo Nacional
6	Nuez	Sabor de nueces frescas / tostadas Por ejemplo: almendra, cacahuete, avellana, nuez
7	Ácido	El gusto básico se percibe rápidamente en la lengua que hace salivar. Referencia: Ácido cítrico en solución acuosa.
8	Amargo	El sabor básico se percibe principalmente en la parte posterior de la lengua y en la garganta Referencia: Sulfato de quinina en solución acuosa
9	Astringente	Sensación de sequedad en la boca Referencia: Ácido tánico en solución acuosa
10	Verde	Sabor de frutas cruda o poco maduras, o de bajo fermentado
11	Otros sabores	Se selecciona un descriptor entre esta lista siguiente: Regaliz, melaza, tostado, grano de cereal, malta o heno
12	Defectos	Se selecciona un descriptor entre esta lista siguiente: Quemado, ahumado, mohoso, putrefacto / sobre fermentado, terroso, químico/medicina, gasolina, vinagre, levadura, rancio

**Fuente: Panel sensorial de Nestlé**

**Organización de la degustación:** El procedimiento para la organización de la degustación es usado por los panelistas sensoriales de Nestlé Ecuador y que ha sido replicado a las demás empresas de Nestlé a nivel mundial, cada empresa desarrolla su propio procedimiento y no hay una normativa o un estándar de cómo hacerlo.

Las muestras se prueban en un orden aleatorio (secuencia diferente para cada panelista) ya sea pre-determinado o no.

Para prevenir la fatiga es necesario un breve descanso (> 1 minuto) entre cada muestra. Se puede dar un cronómetro a los panelistas.

Una ruptura más larga (> 10 minutos) es necesaria después de cada bloque de un máximo de 5 muestras.

Durante las pausas, se pide al panelista que limpie su boca con agua caliente. La temperatura del agua (40-55°C) es determinada por el líder del panel junto con los panelistas (se pueden usar frascos de vacío).

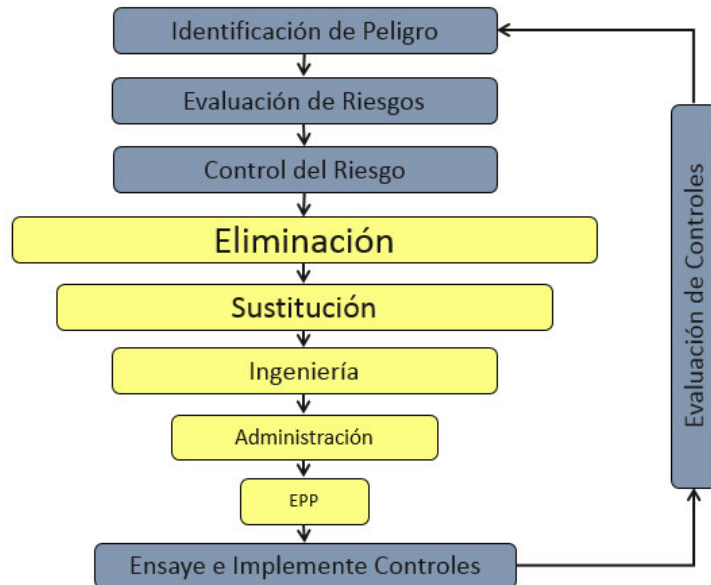
Puede proporcionarse un producto alimenticio no aromatizado y bajo en azúcar, tal como oblea / galletas saladas o manzana, para hacer más eficiente el proceso de limpieza bucal.



**Figura 51 Evaluación sensorial**  
**Fuente: Elaboración propia**

## 4.4 Riesgos Laborales en los Procesos

Al establecer la determinación de los controles para eliminar o minimizar los riesgos se deben hacerlo jerárquicamente, tal como se indica en la figura 52 a continuación:



**Figura 52 Gestión de los riesgos laborales**

**Fuente: Elaboración propia**

La metodología IPER es una técnica de medición aproximada, pero se requiere de metodologías específicas para tener una certeza del nivel al riesgo expuesto.

### 4.4.1 Análisis Modo de Falla (Evaluación de Riesgos)

Es una de las herramientas más utilizadas en la planificación de la seguridad, calidad y ambiente, el Análisis Modo de Falla tiene las abreviaturas de AMFE.

Los beneficios en los diseños de usar la metodología de AMFE es de apoyar en:

- a) Ayuda en la selección de alternativas durante el diseño.
- b) Incrementa la probabilidad de que los modos de fallas potenciales y sus efectos sobre la operación del sistema sean considerados durante el diseño.
- c) Proporciona una información adicional para ayudar en la planeación de programas de pruebas concienzudos y eficientes.
- d) Desarrolla una lista de modos de fallas potenciales, clasificados conforme a su probable efecto sobre el cliente.
- e) Proporciona un formato documentado abierto para recomendar acciones que reduzcan el riesgo y hacer el seguimiento.
- f) Detecta fallas en donde son necesarias características de auto corrección.
- g) Identifica los modos de fallas conocidos y potenciales que de otra manera podrían pasar desapercibidos.
- h) Detecta fallas primarias, pero a menudo mínimas, que pueden causar ciertas fallas secundarias.
- i) Proporciona un punto de vista fresco en la comprensión de las funciones de un sistema.

A continuación, una descripción de la información que se debe llenar en la matriz de IPER usando la metodología Análisis Modo de Falla.

**Actividad o etapa del proceso:** Se debe colocar el número consecutivo relacionado a la actividad o etapa del proceso que se va a realizar. Para cada actividad de trabajo puede ser preciso obtener información.

**Modo de falla potencia:** Hay que identificar la actividad o etapa del proceso sobre la cual se va a analizar el modo de falla y verificar los requisitos del



producto, requisitos ambientales, de seguridad y salud ocupacional y los objetivos asociados al proceso.

**Efecto(s) potenciales:** Hay que identificar los efectos potenciales de la falla, que constituyen las posibles consecuencias que implicarían que el modo de falla se produzca. Para la identificación de efectos considerar las potenciales alteraciones del medio ambiente (impactos ambientales), los riesgos de seguridad y salud ocupacional, riesgos para la operación y la calidad de los procesos.

**Tipo de falla:** Se debe identificar si el efecto analizado tiene afectación a la calidad, al ambiente o a la seguridad y salud ocupacional. Colocar la letra (C) para calidad, (M) para ambiente, (S) para seguridad y salud ocupacional.

**Severidad:** Identificar los efectos potenciales de la falla, que constituyen las posibles consecuencias que implicarían que el modo de falla se produzca. Para la identificación de efectos considerar las potenciales alteraciones del medio ambiente (impactos ambientales), los riesgos de seguridad y salud ocupacional, riesgos para la operación y la calidad de los procesos. Los criterios de evaluación de la severidad se indican en la tabla 17.

**Tabla 17 Criterios para la evaluación de la severidad**

PUNTAJE	Efecto en la Calidad: Costos en US\$	Efecto en la Calidad: Downtime (fuera de servicio) / Desempeño	Efecto en el Medio Ambiente	Efecto en la Salud y Seguridad
	Evalúa la severidad del efecto de la falla potencial, en términos de costos financieros para la organización.	Evalúa el impacto directo que el efecto de la falla produce en la operación o en el desempeño de otros procesos asociados. Los rangos de severidad mayores implican tiempo de interrupción de la operación del ducto.	Considera la afectación ambiental en términos de: reversibilidad (se recupera en forma natural); recuperabilidad (requiere intervención del ser humano); extensión o área afectada (por el impacto ambiental)	Evalúa la severidad del efecto, en términos de consecuencias para la seguridad y la salud ocupacional de las personas.
10	>1.0M	Tiempo de interrupción de la operación > 10 días	Impacto Regional fuera del área de influencia del proyecto. Impacto local en el área de influencia del proyecto o Impacto puntual dentro del área del proyecto. Irreversible de manera natural e Irrecuperable con medios artificiales. Requiere negociación con medidas compensatorias	Varias Muertes
9	700 K – 999 K	Tiempo de interrupción de la operación de 7 a 10 días	Impacto Regional fuera del área de influencia del proyecto. Reversible y Recuperable a Largo Plazo (mayor a 10 años).	1 muerte
8	500 K – 699 K	Tiempo de interrupción de la operación de 3 a 6 días	Impacto Regional fuera del área de influencia del proyecto. Reversible y Recuperable a Mediano Plazo (5-10 años)	Lesión incapacitante permanente absoluta (Es la pérdida de la capacidad para realizar todo tipo de trabajo de manera permanente. Ej: pérdida total de dos extremidades, lesiones orgánicas o funcionales del cerebro, del corazón, de los aparatos respiratorios, circulatorio de carácter incurable)
7	300 K – 499 K	Tiempo de interrupción de la operación de 1 a 2 días	Impacto Regional fuera del área de influencia del proyecto. Reversible y Recuperable a corto plazo (1- 5 años).	Lesión con incapacidad permanente total (Es la pérdida total de la capacidad para realizar el trabajo habitual de manera permanente que requiere un cambio de posición a otra área. Ej: pérdida de la visión en un ojo, hipoacusia)
6	200 K – 299 K	Proceso o sistema operable con nivel de desempeño reducido que afecta el cumplimiento de requisitos valorados por clientes externos.	Impacto Local en el área de influencia del proyecto. Reversible y Recuperable a Largo Plazo (mayor a 10 años)	Lesión con incapacidad permanente parcial (Es la pérdida permanente de la capacidad para realizar un trabajo habitual, pero que no requiere un cambio de posición a otra área).
5	100 K - 199 K	Proceso o sistema con nivel de desempeño reducido que afecta el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización.	Impacto local en el área de influencia del proyecto. Reversible y Recuperable a Mediano Plazo (5-10 años).	Lesión con incapacidad temporal (Implica ausencia del trabajador > 60 días)
4	30 K - 99 999	Proceso o sistema con nivel de desempeño reducido que afecta el cumplimiento de los objetivos de otros procesos del SGI.	Impacto local en el área de influencia del proyecto. Reversible y Recuperable a corto plazo (1- 5 años).	Lesión con incapacidad temporal (Implica ausencia del trabajador de 30 a 59 días)
3	10 K- 29999	Proceso o sistema con nivel de desempeño reducido cuyo modo de falla produce dificultad en el desarrollo normal de las actividades del cliente interno.	Impacto puntual dentro del área del del proyecto. Reversible y Recuperable a Largo Plazo (mayor a 10 años)	Lesión con incapacidad temporal (Implica ausencia del trabajador 4 a 29 días)
2	1K- 9999	El efecto del modo de falla afecta el cumplimiento de los objetivos de gestión del proceso.	Impacto Puntual dentro del área del proyecto, Reversible y Recuperable a mediano plazo (5-10 años).	La lesión requiere ausencia del trabajo menor a 72 horas
1	< 1 K	El efecto del modo de falla no es percibido.	Impacto Puntual dentro del área del proyecto. Reversible y Recuperable a Corto Plazo (1-5 años).	Lesión leve que requiere primeros auxilios y no involucra pérdida de días de trabajo

**Fuente: INSHT**

**Ocurrencia:** Se debe determinar la probabilidad de ocurrencia de la falla o efecto para los efectos asociados a las afectaciones de ambiente, seguridad y salud ocupacional considerar la probabilidad como una combinación de la posibilidad de ocurrencia y la frecuencia de exposición del factor afectado (sea este un recurso, el medio físico, medio biótico, o las personas). Para modos de falla que tienen influencia en la calidad la probabilidad de ocurrencia se analiza en función de la incidencia de casos asociado a un porcentaje de ocurrencia. Los criterios de evaluación de la ocurrencia se indican en la tabla 18.

**Tabla 18 Criterios de evaluación de la ocurrencia**

PUNTAJE	SEGURIDAD INDUSTRIAL, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE		CALIDAD (1)
	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Y EXPOSICIÓN DEL FACTOR AL MODO DE FALLA O EFECTO	EXPLICACIÓN	
10	<b>Probabilidad Alta y Exposición Alta</b> del factor afectado (medio físico, biótico, personas)	En la organización <b>se han producido estos modos de falla con los efectos identificados</b> y la frecuencia de <b>exposición del factor afectado</b> (medio físico, biótico, personas) se da entre 1 vez <b>al día hasta 1 o varias veces a la semana.</b>	<b>Extremadamente Alto:</b> La ocurrencia de ese modo de falla es casi inevitable. Su tasa de falla u ocurrencia es superior al 50% de eventos
9	<b>Probabilidad Alta y Exposición Media</b> del factor afectado (medio físico, biótico, personas)	En la organización se han producido estos modos de falla con los efectos identificados y la frecuencia de exposición del factor afectado (medio físico, biótico, personas) se da <b>en períodos mayores a 1 semana hasta 1 mes</b>	<b>Crítico:</b> La tasa de falla u ocurrencia se da entre un 30 y 50 % de eventos
8	<b>Probabilidad Media y Exposición Alta</b> del factor afectado (medio físico, biótico, personas)	Poco usual, pero probable. Se conocen modos de falla con los efectos identificados <b>que han ocurrido en empresas que realizan actividades similares</b> y la frecuencia de exposición del factor afectado (medio físico, biótico o personas) se presenta <b>entre 1 vez al día hasta 1 o varias veces a la semana..</b>	<b>Muy Alto:</b> La tasa de falla u ocurrencia se presente entre 20 y 29% de eventos
7	<b>Probabilidad Alta y Exposición Baja</b> del factor afectado (medio físico, biótico, personas)	En la organización <b>se han producido modos de falla con los efectos identificados . Sin embargo la frecuencia de exposición del factor afectado</b> es baja, se da en <b>períodos mayores a 1 mes.</b>	<b>Alto:</b> La tasa de falla u ocurrencia se presenta entre un 15 y 20% de eventos
6	<b>Probabilidad Media y Exposición Media</b> del factor afectado (medio físico, biótico, personas)	Poco usual, pero probable. Se conocen modos de falla con los efectos identificados <b>que han ocurrido</b> en empresas que realizan actividades similares y <b>la frecuencia de exposición del factor afectado</b> (medio físico, biótico o personas) se presenta en <b>períodos mayores a 1 semana hasta 1 mes</b>	La tasa de falla u ocurrencia se da entre un 10 y 14 % de eventos
5	<b>Probabilidad Baja y Exposición Alta</b> del factor afectado (medio físico, biótico, personas)	<b>Improbable.</b> Un evento de esta naturaleza <b>puede no ocurrir durante la vida del proceso</b> y si hubiera conocimiento en la industria, la tasa de ocurrencia es remota. La exposición del factor afectado se da entre <b>1 vez al día hasta 1 o varias veces a la semana.</b>	<b>Moderado:</b> La tasa de ocurrencia de la falla se de entre un 7 a 10%
4	<b>Probabilidad Baja y Exposición Media</b> del factor afectado (medio físico, biótico, personas, equipos, recursos, clientes)	<b>Improbable.</b> Un evento de esta naturaleza <b>puede no ocurrir durante la vida del proceso</b> y si hubiera conocimiento en la industria la tasa de ocurrencia es remota. La exposición del factor afectado se da en <b>períodos mayores a 1 semana hasta 1 mes</b>	<b>Bajo:</b> La tasa de ocurrencia de la falla se da entre 5- 9%
3	<b>Probabilidad Media y Exposición Baja</b> del factor afectado (medio físico, biótico, personas, equipos, recursos, clientes)	<b>Poco usual, pero probable.</b> Se conocen modos de falla con los efectos identificados por estas causas que han ocurrido en empresas que realizan actividades similares y la frecuencia de <b>exposición del factor afectado</b> (medio físico, biótico o personas) se presenta <b>en períodos mayores a 1 mes.</b>	<b>Muy Bajo:</b> Fallas aisladas, asociadas con procesos similares. Su tasa de falla u ocurrencia está entre 3 y 4%.
2	<b>Probabilidad Baja y Exposición Baja</b> del factor afectado (medio físico, biótico, personas, equipos, recursos, clientes)	<b>Improbable.</b> Un evento de esta naturaleza <b>puede no ocurrir durante la vida del proceso</b> y si hubiera conocimiento en la industria, la tasa de ocurrencia es remota. La exposición del factor afectado se da en <b>períodos mayores a 1 mes.</b>	<b>Extremadamente Bajo:</b> Solo fallas aisladas asociados con procesos casi idénticos. Su tasa de falla u ocurrencia es del orden de 1 a 2%.
1	<b>Probabilidad Remota</b>	Es virtualmente <b>imposible</b> que se presente este caso. Jamás se ha escuchado que ha ocurrido	<b>Remoto:</b> La falla es improbable. No hay fallas que puedan asociarse a procesos casi idénticos. Su tasa de falla u ocurrencia es inferior a 1% de eventos

Fuente: INSHT

**Causas potenciales del modo de falla:** Se describen las causas potenciales principales por las cuales el modo de falla puede provocar el efecto descrito / o los casos por los cuales puede presentarse el modo de falla.

**Controles actuales:** Aquí se describen los sistemas de control, infraestructura, subprocesos, métodos, procedimientos, y/o instructivos existentes, incluyendo actividades de inspección y pruebas que puedan prevenir la causa o el modo de falla.

**Detección:** Se evalúa la posibilidad de que los controles actuales permitan detectar modo de falla, antes de que se presente el efecto. Los criterios para evaluar la probabilidad de detección se indican en la tabla 19.

**Tabla 19 Criterios para evaluar la probabilidad de detección**

Detección	Criterio: La probabilidad de existencia de una falla de producto, de un impacto medio ambiental u un efecto sobre la salud, seguridad o sobre la organización, sería detectado por los controles de los procesos, antes del siguiente o subsiguiente proceso, o antes de que el producto o servicio sea liberado del lugar en que se está desarrollando el proceso.	Puntaje
Casi Imposible	No hay control(es) disponibles para detectar el modo de falla	10
Muy Remoto	Probabilidad muy remota de que actual(es) control(es) pueda(n) detectar la falla/impacto/efecto	9
Remoto	Probabilidad remota de que actual(es) control(es) puedan detectar la falla/impacto/efecto	8
Muy Bajo	Probabilidad muy baja de que actual(es) control(es) pueda(n) detectar la falla/impacto/efecto	7
Bajo	Probabilidad baja de que actual(es) control(es) pueda(n) detectar la falla/impacto/efecto	6
Moderado	Probabilidad moderada de que actual(es) control(es) pueda(n) detectar la falla/impacto/efecto	5
Moderadamente Alto	Probabilidad moderadamente alta de que actual(es) control(es) pueda(n) detectar la falla/impacto/efecto	4
Alto	Probabilidad Alta de que actual(es) control(es) pueda(n) detectar la falla/impacto/efecto	3
Muy Alto	Probabilidad Muy Alta de que actual(es) control(es) pueda(n) detectar la falla/impacto/efecto	2
Casi Certero	Probabilidad Casi Certera de que actual(es) control(es) pueda(n) detectar la falla/impacto/efecto. Se conocen controles confiables de detección para procesos similares	1

**Fuente: INSHT**

**Número de Prioridad de Riesgo Base (NPRb):** Se determina el número de prioridad de riesgo base multiplicando la severidad, ocurrencia y probabilidad de detección. Con esta información determinar el número de corte sobre el cual los efectos del modo de falla. Este número de corte se obtiene del valor de la media más la desviación estándar de los NPRB obtenidos.

**Percepción Pública:** Se identifica si la causa o efecto del modo de falla tienen afectación sobre la imagen externa de la empresa, o sobre partes interesadas externas (comunidad, clientes, autoridades).

**Filtro Técnico:** Se identifica el grupo de especialistas de ambiente, seguridad industrial y salud ocupacional definen si es necesario realizar una evaluación técnica posterior. El criterio principal para justificar esta evaluación es la necesidad de realizar mediciones del ambiente laboral o análisis específico del puesto de trabajo. Y en el caso de ambiente eliminar la subjetividad mediante la medición y/o estadísticas de los impactos ambientales asociados a los modos de falla o aspectos ambientales. Los resultados de esta evaluación se presentarán en el formato “Filtro Técnico”.

**Filtro Legal:** Se toma como referencia la matriz de requisitos legales provista por el departamento legal, identificar si existen requisitos legales del cliente, ambientales y de seguridad y salud ocupacional relacionados con las causas, efectos o modo de falla analizado. En estos casilleros utilizar las palabras SI o No.

**Significancia (N):** Se establece la significancia de las causas y efectos de los modos de falla analizados. Una causa de un efecto del modo de falla es significativa si:

- El NPRb es mayor al número de corte
- El filtro técnico indica que el riesgo es alto

- Existen requisitos legales asociados al efecto del modo de falla
- El efecto o modo de falla afectan la percepción pública o partes interesadas

**Riesgo:** El nivel de riesgo se clasifica de acuerdo al siguiente criterio:

- Si el  $NPR_b \geq 220$  el Riesgo es CRÍTICO
- Si el  $NPR_b \geq 160$  y  $< 220$  el Riesgo es ALTO
- Si el  $NPR_b \geq 100$  y  $< 160$  el Riesgo es MEDIO
- Si el  $NPR_b < 100$  el Riesgo es BAJO

**Recomendaciones / Plan de acción:** Se describen las recomendaciones necesarias para disminuir el nivel de riesgo o referenciar el plan de acción o proyecto a seguir.

**Responsables y Cronogramas:** Se identificar al responsable de implementar la recomendación o de coordinar la ejecución del plan de acción con la fecha límite para el cumplimiento de estas actividades.

**Reevaluación:** Antes de ejecutar las acciones planificadas realizar nuevamente con los mismos criterios la evaluación del nivel de riesgo residual ( $NPR_r$ ).

La IPER de las actividades de selección de cacao, implican diversos riesgos como son biológicos (heces fecales de paloma y otros animales), dado que durante el secado del cacao en los tendales hay la presencia de animales, además el cacao puede estar presentes materiales cortopunzantes como son clavos, varillas metálicas, etc., que pueden estar presentes por contaminación en el transporte y la fermentación que son procesos previos al secado.

Para la estimación de los riesgos (ER) se usó una metodología para la identificación de peligros y evaluación de riesgos en sus siglas IPER, la IPER es una forma de calcular de manera cualitativa y cuantitativa los riesgos laborales y sus consecuencias en las tareas. La metodología IPER seleccionada en la presente investigación es la de Análisis Modo de Falla, existen varias metodologías, pero la mayoría son cualitativas y la presente matriz de IPER fue escogida por permitir al técnico de seguridad industrial y salud ocupacional evaluar los siguientes puntos:

- Las actividades rutinarias y no rutinarias.
- Las actividades de todas las personas que tengan acceso a las diversas tareas incluyendo a los visitantes y contratistas.
- El comportamiento humano, las capacidades y otros factores humanos.
- Los peligros dentro y fuera de las inmediaciones en donde puedan ser controlado por la organización.
- La infraestructura, equipamiento y materiales en el lugar de trabajo.
- Los cambios o propuestas de cambios en la organización, sus actividades, equipos o materiales.
- Las modificaciones en el sistema de gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, incluyendo los cambios temporales y sus impactos en las operaciones, procesos y actividades.
- Cualquier obligación legal aplicable a la evaluación de riesgos e implementaciones de los controles necesarios.
- El diseño de las áreas de trabajo, los procesos, las instalaciones, la maquinaria, los procedimientos operativos y la organización del trabajo, incluyendo su adaptación a las capacidades humanas.

#### **4.4.2 Minimización de riesgos laborales (seguridad en maquinaria)**

Las fuentes más comunes de riesgos laborales en máquinas y procesos automatizados son los riesgos mecánicos, principalmente las partes en movimiento no protegidas como: puntas de ejes, transmisiones por correa, engranajes, proyección de partes giratorias, transmisiones por cadena y piñón, cualquier parte componente expuesta, en el caso de máquinas o equipos movidos por algún tipo de energía y que giren rápidamente o tengan la fuerza suficiente para alcanzar al trabajador (su ropa, dedos, cabellos, etc) atrayéndolo a la máquina antes que pueda liberarse; puntos de corte, en los que una parte en movimiento pase frente a un objeto estacionario o móvil con efecto de tijera sobre cualquier cosa cogida entre ellos; cualquier componente de máquina que se mueve con rapidez y con la energía necesaria para golpear, aplastar o cualquier otra manera de producir daños al trabajador; los lugares de operación, en los que la máquina realiza su trabajo sobre el producto que ha de ser creado; explosión en los recipientes a presión; y riesgos en los volantes en movimiento.

En general, cualquier lugar, equipo, maquinaria, etc, que represente un riesgo, debe estar perfectamente protegido, apantallado, cerrado o cubierto en cualquier forma efectiva, de tal modo que ninguna persona pueda distraídamente ponerse en contacto con el punto de peligro.


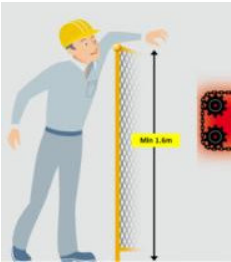

Los requisitos básicos para una protección mecánica son los siguientes:

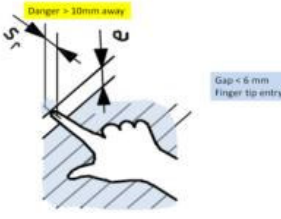
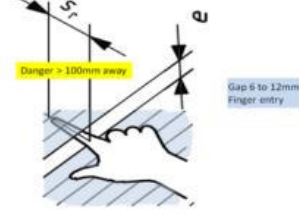
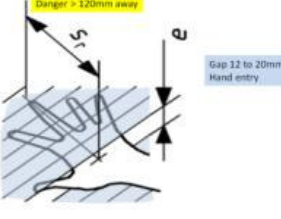
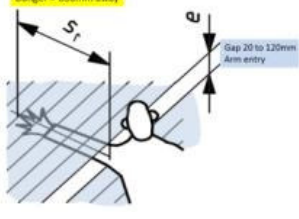
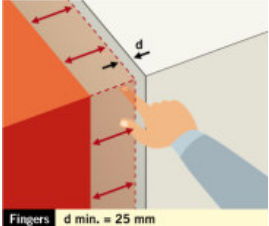
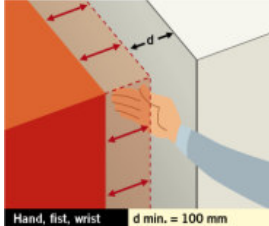
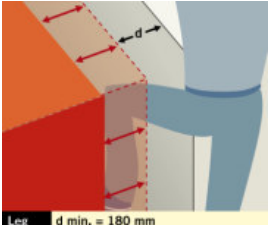
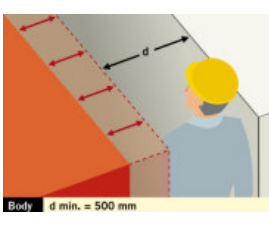
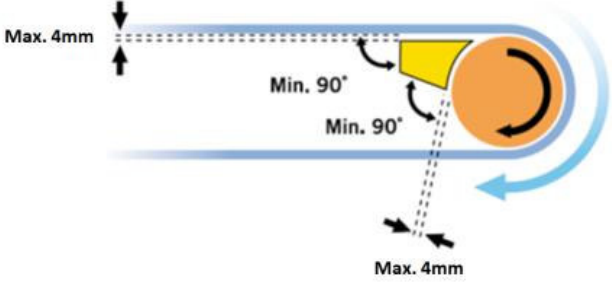
- Debe ser lo bastante resistente, para que no pueda sufrir daños.
- Debe permitir la fácil realización de las tareas de mantenimiento.
- Debe estar montada en forma adecuada y rígida para evitar vibraciones.
- Debe ser diseñada en forma que no incluya partes desmontables, con el fin de que no puedan ser retiradas algunas partes y pierda efectividad.

En la tabla 20 se muestran las características técnicas de seguridad en maquinaria para un secador y seleccionador de cacao.



**Tabla 20 Elementos de seguridad en maquinaria (prevención de riesgos)**

<p>1. Acceso debe ser prevenido a todas las partes peligrosas de la máquina.</p>			
<p>2. Guardas deben estar seguras en sitio y requieren una herramienta (llave o password) para removerlas o ser bloqueadas.</p>			
<p>3. Guardas &amp; Interlocks deben ser duraderos y a prueba de manipulación – (switches interlock , no deben ser del tipo presión).</p>			
<p>4. Peligros sin protección deben estar lejos del alcance &gt; 2.7 m de altura para riesgos altos</p>			
<p>5. Guardas Seguridad &gt; 1.6m de altura (si están ancladas desde el piso), o si la evaluación de riesgo resulta menos segura. Si es electrónica (Cortina de Luz), &gt;900 mm de altura.</p>		<p>6. Gaps bajo Guardas Seguridad deben ser &lt; 180mm para prevenir el acceso de la persona. Si es electrónica (Cortina de Luz), &lt; 300 mm.</p>	
<p>7. Peligro debe estar fuera del alcance por detrás de los agujeros en guardas, etc.</p>			

<p><b>Entrada de la Yema del dedo</b> (gap 4-6 mm), peligro debe estar &gt;10 mm de distancia.</p>		<p><b>Entrada del dedo</b> (gap 6-12mm), peligro debe estar &gt;100 mm de distancia</p>	
<p><b>Entrada de Mano</b> (gap 12-20mm), peligro debe estar &gt;120 mm de distancia.</p>		<p><b>Entrada del brazo</b> (gap 20-120 mm), peligro debe estar &gt;850 mm de distancia.</p>	
<p><b>Entrada de Pierna</b> (gap 120-180mm), peligro debe estar &gt;1.1m de distancia.</p>		<p><b>Entrada de la persona</b> (gap &gt;180mm), reducir gap &lt;180mm</p>	
<p><b>8. Donde las partes se mueven una hacia la otra, el espacio debe ser:</b></p>			
<p>&gt;25 mm para prevenir aplastamiento del dedo.</p>		<p>&gt;100 mm para prevenir aplastamiento de la mano.</p>	
<p>&gt;180 mm para prevenir aplastamiento de la pierna.</p>		<p>&gt;500 mm para prevenir aplastamiento del cuerpo.</p>	
<p>Gaps adyacentes a partes en movimiento (<b>puntos de atrapamiento</b>) &lt;4 mm (o el uso de rodillos)</p>			
<p><b>9. Sin puntos o bordes afilados</b></p>			

<b>10. Controles de ARRANQUE</b> diseño y posición debe prevenir la operación accidental y suministrar buena visibilidad del equipo.
<b>11.</b> Debe haber uno o más <b>Paros de Control fácilmente accesibles.</b>
<b>12.</b> El equipo <b>No debe reiniciarse automáticamente</b> después de un Paro de Control o por la acción de una Parada por un interlock.
<b>13.</b> Deben tenerse <b>controles de PAROS DE EMERGENCIA</b> , de color ROJO, marcados y, donde sea posible, teniendo fondo amarillo, si están cubiertos, operable por la palma de la mano.
<b>14.</b> Todos los <b>controles</b> deben estar <b>con marcación clara y duradera.</b>
<b>15.</b> Debe estar <b>con la adecuada iluminación.</b>
<b>16.</b> Donde se requiera acceso alrededor de la máquina, <b>pasarelas/pasillos No deben estar obstruidos y &gt;600 mm de ancho</b> (preferiblemente >1 metro).
<b>17. Señales de advertencia apropiadas</b> deben ser suministradas para riesgos residuales.

**Fuente:** Elaboración propia

Al diseñar un equipo de secado y seleccionador es necesario implementar los 17 puntos de seguridad en maquinaria que se mencionan en la tabla 20, para prevenir accidentes que pueden ser un politraumatismo hasta la pérdida de un miembro del cuerpo e inclusive la muerte.

## **CAPITULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **5.1 Análisis descriptivo del Grupo Control y Grupo Experimental de las características sensoriales del cacao ecuatoriano**

Para determinar si se conserva las características sensoriales del cacao en grano mediante la secadora automática, el tesista tomó aleatoriamente 20 lotes de cacao preparados que fueron adquiridos por Nestlé Ecuador a sus proveedores durante el mes de enero 2016, se dividió cada lote en dos partes, la 50% del lote de cacao se realizó el secado de manera manual que es el Grupo de Control y el otro 50% del lote de cacao se realizó el secado en la secadora automática y corresponde al Grupo Experimental.

#### **5.1.1 Evaluación de las características sensoriales del cacao Grupo Control**

Para la evaluación de las características sensoriales del Grupo Control, se siguió las recomendaciones de los panelistas sensoriales de Nestlé Ecuador, en la tabla 21 se muestra los resultados de las evaluaciones sensoriales de: Tostado, Amargo, Quemado, Chocolate, Frutal y Floral después de haber secado en cacao ecuatoriano de manera manual usando los patios de cemento (Tendales).

**Tabla 21 Evaluaciones sensoriales del secado de manera manual (Tendales)**

Lote de Cacao	Tostado	Amargo	Quemado	Chocolate	Frutal	Floral
1	1	2	0	4	4	1
2	0	1	0	4	2	0
3	0	2	0	5	0	0
4	0	0	0	6	4	2
5	0	0	0	6	2	0
6	1	0	0	5	2	2
7	0	0	0	4	3	0
8	0	2	0	2	0	0
9	0	2	0	6	3	3
10	0	1	0	4	2	2
11	1	0	0	5	4	0
12	0	0	0	3	2	2
13	0	0	0	4	3	3
14	0	0	0	5	4	3
15	0	0	0	4	2	3
16	0	1	0	3	2	1
17	0	0	0	4	2	1
18	0	1	0	4	3	1
19	0	1	0	5	4	2
20	0	1	0	3	3	3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22 Evaluación de la mediana, moda y desviación estándar del secado de manera manual**

	Tostado	Amargo	Quemado	Chocolate	Frutal	Floral
Mediana	0	0,5	0	4	2,5	1,5
Moda	0	0	0	4	2	0
Desviación estándar	0,366	0,801	0,000	1,081	1,191	1,191

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Evaluación de las características sensoriales del cacao Grupo Experimental

Para estos ensayos de las evaluaciones sensoriales del cacao en el Grupo Experimental se utilizaron los mismos lotes de cacao, solo que el secado se hizo usando la secadora automática objeto de esta tesis, a continuación en la tabla 23 se muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 23 Evaluaciones sensoriales de secado usando la secadora automática**

Lote de Cacao	Tostado	Amargo	Quemado	Chocolate	Frutal	Floral
1	1	2	0	4	4	1
2	0	1	0	3	2	0
3	0	2	0	5	0	0
4	0	0	0	5	4	2
5	0	0	0	6	2	0
6	0	0	0	5	2	2
7	0	0	0	4	3	0
8	0	2	0	3	0	0
9	0	2	0	6	3	3
10	0	1	0	4	2	2
11	0	0	0	4	4	0
12	0	0	0	3	2	2
13	1	0	0	4	3	3
14	0	0	0	5	4	3
15	0	0	0	4	2	3
16	0	1	0	3	2	1
17	0	0	0	4	2	1
18	0	0	0	3	3	0
19	0	0	0	5	4	2
20	0	1	0	3	3	3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24 Evaluación de la mediana, moda y desviación estándar del secado usando la secadora automática**

	Tostado	Amargo	Quemado	Chocolate	Frutal	Floral
Mediana	0	0	0	4	2,5	1,5
Moda	0	0	0	4	2	0
Desviación estándar	0,308	0,821	0,000	0,988	1,191	1,231

**Fuente: Elaboración propia**

## **5.2 Análisis descriptivo del Grupo Experimental del material no deseado en la selección del cacao**

Para determinar si la seleccionadora automática que es el segundo objetivo específico de la presente tesis, se tomó los 20 lotes que fueron secados por la secadora automática y con la ayuda de un grupo experimentado de clasificadores de cacao en grano que fueron conformados por tres personas, se realizaron la inspección física para determinar la eficiencia del seleccionador, a la cual se denomina grupo experimental, para este ensayo no hay grupo de control.

Los 20 lotes de cacao fueron secados en la secadora automática y fueron enviados al seleccionador automático, el seleccionador hizo su trabajo de retener materiales no deseados como: piolas, piedras, material metálico, cacao troceado o agrupados entre ellos. El cacao en grano luego de ser seleccionado el grupo experimentado de las tres personas hace la inspección visual por cada lote de cacao para verificar que no se encuentren con material no deseado y lo califica de la siguiente manera:

- a) Lote de cacao después de ser clasificado sin la presencia de material no deseado = 100%
- b) Lote de cacao después de ser clasificado con la presencia de material no deseado = 0%

En la tabla 25 se muestran los resultados de la eficiencia del seleccionador automático de cacao.

**Tabla 25 Evaluaciones de la seleccionadora automática de cacao**

Lote de Cacao	Inspección del grupo de seleccionado (% de eficiencia del seleccionado)	Lote de Cacao	Inspección del grupo de seleccionado (% de eficiencia del seleccionado)
1	100%	11	100%
2	100%	12	100%
3	100%	13	100%
4	100%	14	100%
5	100%	15	100%
6	100%	16	100%
7	100%	17	100%
8	100%	18	100%
9	100%	19	100%
10	100%	20	100%

**Fuente:** Elaboración propia

## **5.2 Análisis descriptivo del Grupo Control y Grupo Experimental de los riesgos laborales**

En la presente investigación la evaluación de riesgos laborales se realizó para el proceso de secado y selección de cacao de manera manual (Grupo Control) y automatizado (Grupo Experimental), con esta evaluación podemos hacer un comparativo de que si los procesos de secado y selección de manera manual tiene riesgos laborales más o menos significativos que el secador y seleccionador automatizado.

### **5.2.1 Análisis descriptivo de los riesgos laborales en Grupo Control**

Para la evaluación de los riesgos laborales en las tareas de secado y selección del cacao en el Grupo Control es mediante la metodología Análisis Modo de Falla, los resultados se detallan en la tabla 26 para la evaluación de riesgos laborales en el proceso de secado del cacao ecuatoriano de manera manual (Grupo de



Control), en la tabla 27 se expresa los resultados para la evaluación de riesgos en el proceso de selección del cacao ecuatoriano de manera manual (Grupo de Control).

**Tabla 26 Evaluación de riesgos laborales de las actividades en el secado del cacao manual (Grupo Control)**

IDENTIFICACION				EVALUACIÓN										CONTROLES				REVALUACIÓN				
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			O	P	R				
PROCESO/ SUBPROCESO /SISTEMA	ACTIVIDAD O ETAPA DEL PROCESO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO(S) POTENCIALES	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	OCURRENCIA	CAUSAS POTENCIALES DEL MODO DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	DETECCION	NPR (C)	PERCEPCION PUBLICA	FILTRO TÉCNICO	FILTRO LEGAL			RIESGO	RECOMENDACIONES /PLAN DE ACCION	OCURRENCIA	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR (r)
<b>Secado de Cacao en Grano (Manera Manual)</b>	Levantamiento de sacos (quintales)	Posturas ergonómicas forzadas	Lumbalgia Trastorno musculoesquelético	S	9	5	- Pesos superiores a los 25kg - Personal no idóneo para manipular peso		6	270						<b>CRITICO</b>	1.- No levantar peso superior a 25 KG 2.- Usar mecanización en los procesos					
	Riego de cacao en Tendal	Posturas ergonómicas forzadas	Lumbalgia Trastorno musculoesquelético	S	4	4	- Pesos superiores a los 25kg - Personal no idóneo para manipular peso		5	180						<b>ALTO</b>	1.- No levantar peso superior a 25 KG 2.- Usar mecanización en los procesos					
	Voltear el cacao periódicamente	Posturas ergonómicas forzadas	Lumbalgia Trastorno musculoesquelético	S	3	3	- Tiempos prolongados de pie		4	108						<b>MEDIO</b>						
	Voltear el cacao periódicamente	Quemaduras en la piel	Cáncer a la piel	S	3	3	- Tiempos prolongados al sol		5	135						<b>MEDIO</b>	Usar ropa de protección					
	Recolectar el cacao (hacer rumas)	Posturas ergonómicas forzadas	Trastornos musculoesqueléticos	S	3	8	- Posturas ergonómicas inapropiadas		7	168						<b>ALTO</b>						
	Recolectar el cacao en sacos	Posturas ergonómicas forzadas	Trastornos musculoesqueléticos	S	6	6	- Pesos superiores a los 25kg - Personal no idóneo para manipular peso		5	270						<b>CRITICO</b>	1.- No levantar peso superior a 25 KG 2.- Usar mecanización en los procesos					
	Almacenar los sacos con cacao	Levantamiento de sacos (>65kg)	Lumbalgia Trastorno musculoesquelético	S	9	6	- Pesos superiores a los 25kg - Personal no idóneo para manipular peso		6	324						<b>CRITICO</b>	1.- No levantar peso superior a 25 KG 2.- Usar mecanización en los procesos					

**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 27 Evaluación de riesgos laborales de las actividades de selección de cacao manual (Grupo Control)

IDENTIFICACION				EVALUACION										CONTROLES				REVALUACION					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			O	P	R					
PROCESO/ SUBPROCESO O SISTEMA	ACTIVIDAD O ETAPA DEL PROCESO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFEECTO (S) POTENCIALES	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	OCURRENCIA	CAUSAS POTENCIALES DEL MODO DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	DETECCION	NPR (b)	PERCEPCION PUBLICA	FILTRO TECNICO	FILTRO LEGAL C A S A I D A D S O A M B I E N T E			RIESGO	RECOMENDACIONES /PLAN DE ACCION	OCURRENCIA	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR (r)	
Selección de Cacao en Grano (Manera Manual)	Levantamiento de sacos (quintales)	Posturas ergonómicas forzadas	Lumbalgia Trastorno muscularesquelético	S	5	- Pesos superiores a los 25kg - Personal no idóneo para manipular peso			6	270					CRITICO	1.- No levantar peso superior a 25 KG 2.- Usar mecanización en los procesos							
	Riego de cacao en la mesa de trabajo	Posturas ergonómicas forzadas	Lumbalgia Trastorno muscularesquelético	S	4	- Pesos superiores a los 25kg - Personal no idóneo para manipular peso			5	180					ALTO	1.- No levantar peso superior a 25 KG 2.- Usar mecanización en los procesos							
	Retirar material extraño del cacao	Minuciosidad de la tarea	Estrés laboral	S	3	No usar guantes de protección			5	90			x		BAJO								
	Retirar material extraño del cacao	Movimiento corporal repetitivo	Trastornos muscularesqueléticos	S	3	Posturas forzadas			6	144			x		MEDIO								
	Retirar material extraño del cacao	Excremento de patomas u otros animales	Irritación en la piel por microorganismos	S	3	No usar guantes de protección			5	90			x		BAJO								
	Retirar material extraño del cacao	Materiales como punzantes (clavos, tornillos, etc.)	Corte superficial	S	3	No usar guantes de protección			5	60			x		BAJO								
	Colocar el cacao seleccionado en los sacos	Movimiento corporal repetitivo	Trastornos muscularesqueléticos	S	3	Posturas forzadas			6	144			x		MEDIO								
	Levantar los sacos de cacao seleccionados	Posturas ergonómicas forzadas	Lumbalgia Trastorno muscularesquelético	S	5	- Pesos superiores a los 25kg - Personal no idóneo para manipular peso			6	270					CRITICO	1.- No levantar peso superior a 25 KG 2.- Usar mecanización en los procesos							

Fuente: Elaboración propio

### **5.2.2 Análisis descriptivo de los riesgos laborales en el Grupo Experimental**

En la tabla 28 y 29 se muestra los resultados de la evaluación de riesgos laborales en la secadora y seleccionadora automática del cacao ecuatoriano a lo que denominamos Grupo Experimental.

**Tabla 28 Evaluación de los riesgos laborales en la secadora de cacao automática (Grupo Experimental)**

IDENTIFICACION				EVALUACIÓN										CONTROLES				REVALUACIÓN					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			O	P	R					
PROCESO/ SUBPROCESO /SISTEMA	ACTIVIDAD O ETAPA DEL PROCESO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFFECTO(S) POTENCIALES	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	OCURRENCIA	CAUSAS POTENCIALES DEL MODO DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	DETECCION	NPR (b)	PERCEPCION PUBLICA	FILTRO TÉCNICO	FILTRO LEGAL			SIGNIFICANCIA (N)	RIESGO	RECOMENDACIONES /PLAN DE ACCION	OCURRENCIA	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR (r)
Secado de Cacao en Grano (Manera Automatizado)	Llenado de cacao en secadoras	Ruido	Hipoacusia	S	9	3	No usar protección auditiva		3	81				X		BAJO							
	Secado de cacao en secadoras	Ruido	Hipoacusia	S	9	2	No usar protección auditiva		3	54				X		BAJO							
	Secado de cacao en secadoras	Superficie caliente	Quemaduras leves	S	5	3	No advertir la superficie caliente		4	60				X		BAJO							
	Secado de cacao en secadoras	Material particulado	Afectación a las vías respiratorias	S	9	3	No usar protección respiratoria		3	81				X		BAJO							
	Vaciado de cacao de las secadoras	Ruido	Cáncer a la piel	S	9	3	No usar protección auditiva		3	81				X		BAJO							

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 29 Evaluación de los riesgos laborales en la seleccionadora de cacao automática (Grupo Experimental)**

IDENTIFICACION				EVALUACIÓN										CONTROLES				REVALUACIÓN					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			O	P	R					
PROCESO/ SUBPROCESO /SISTEMA	ACTIVIDAD O ETAPA DEL PROCESO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO(S) POTENCIALES	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	OCURRENCIA	CAUSAS POTENCIALES DEL MODO DE FALLA	CONTROLES ACTUALES	DETECCION	NPR (b)	PERCEPCION PUBLICA	FILTRO TÉCNICO	FILTRO LEGAL			SIGNIFICANCIA (N)	RIESGO	RECOMENDACIONES /PLAN DE ACCION	OCURRENCIA	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR (r)
Secado de Cacao en Grano (Manera Automatizado)	Llenado de cacao en seleccionador	Ruido	Hipoacusia	S	9	3	No usar protección auditiva		3	81			X			BAJO							
	Seleccionando cacao	Ruido	Hipoacusia	S	9	2	No usar protección auditiva		3	54			X			BAJO							
	Seleccionando cacao	Material particulado	Afectación a las vías respiratorias	S	9	3	No usar protección respiratoria		3	81			X			BAJO							
	Vaciado de cacao del seleccionador	Ruido	Cáncer a la piel	S	9	3	No usar protección auditiva		3	81			X			BAJO							

**Fuente: Elaboración propia**

## 5.3 Contratación de las Hipótesis Específicas

### 5.3.1 Contratación de hipótesis específica de las características sensoriales del cacao ecuatoriano (Secadora Automática)

La primera hipótesis específica en la presente tesis de investigación es “El proceso de secado del cacao en grano se logrará automatizar sin afectar las características sensoriales”, para aceptar o rechazar la hipótesis propuesta de debe realizar la contratación entre la hipótesis nula (H0) y la hipótesis alternativa (H1) de las 6 evaluaciones sensoriales del Grupo Control con el Grupo Experimental.

#### Contratación de hipótesis de la evaluación sensorial “Tostado”

**H0:** No existe diferencia significativa de las características sensoriales del tostado en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

**H1:** Sí existe diferencia significativa de las características sensoriales del tostado en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

Los aceptación o rechazo de la hipótesis nula se observa en la tabla 30.

**Tabla 30 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Tostado"**

	Hipótesis Nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Secado Manual (Grupo Control) y Secadora Automática (Grupo Experimental) es igual a 0	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,564	Conserve la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación 0,05

**Fuente:** Elaboración propia

### Contrastación de hipótesis de la evaluación sensorial “Amargo”

**H0:** No existe diferencia significativa de las características sensoriales del Amargo en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

**H1:** Si existe diferencia significativa de las características sensoriales del Amargo en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

Los aceptación o rechazo de la hipótesis nula se observa en la tabla 31.

**Tabla 31** Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Amargo"

	Hipótesis Nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Secado Manual (Grupo Control) y Secadora Automática (Grupo Experimental) es igual a 0	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,157	Conserve la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación 0,05

**Fuente:** Elaboración propia

### Contrastación de hipótesis de la evaluación sensorial “Quemado”

**H0:** No existe diferencia significativa de las características sensoriales del Quemado en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

**H1:** Si existe diferencia significativa de las características sensoriales del Quemado en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).



Los aceptación o rechazo de la hipótesis nula se observa en la tabla 32.

**Tabla 32 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Quemado"**

	Hipótesis Nula	Prueba	Sig.	Decisión
<b>1</b>	La mediana de las diferencias entre Secado Manual (Grupo Control) y Secadora Automática (Grupo Experimental) es igual a 0	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	1,000	Conserve la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación 0,05

**Fuente: Elaboración propia**

### **Contrastación de hipótesis de la evaluación sensorial "Chocolate"**

**H0:** No existe diferencia significativa de las características sensoriales del Chocolate en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

**H1:** Si existe diferencia significativa de las características sensoriales del Chocolate en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

Los aceptación o rechazo de la hipótesis nula se observa en la tabla 33.

**Tabla 33 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Chocolate"**

	Hipótesis Nula	Prueba	Sig.	Decisión
<b>1</b>	La mediana de las diferencias entre Secado Manual (Grupo Control) y Secadora Automática (Grupo Experimental) es igual a 0	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,102	Conserve la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación 0,05

**Fuente: Elaboración propia**

### Contrastación de hipótesis de la evaluación sensorial “Frutal”

**H0:** No existe diferencia significativa de las características sensoriales del Frutal en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

**H1:** Si existe diferencia significativa de las características sensoriales del Frutal en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

Los aceptación o rechazo de la hipótesis nula se observa en la tabla 34.

**Tabla 34 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Frutal"**

	Hipótesis Nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Secado Manual (Grupo Control) y Secadora Automática (Grupo Experimental) es igual a 0	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,317	Conserve la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación 0,05

**Fuente: Elaboración propia**

### Contrastación de hipótesis de la evaluación sensorial “Floral”

**H0:** No existe diferencia significativa de las características sensoriales del Floral en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

**H1:** Si existe diferencia significativa de las características sensoriales del Floral en el Secado Manual del cacao (Grupo Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental).

La aceptación o rechazo de la hipótesis nula se observa en la tabla 35.

**Tabla 35 Contraste de hipótesis de la característica sensorial "Floral"**

	<b>Hipótesis Nula</b>	<b>Prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
<b>1</b>	La mediana de las diferencias entre Secado Manual (Grupo Control) y Secadora Automática (Grupo Experimental) es igual a 0	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,317	Conserve la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación 0,05

**Fuente: Elaboración propia**

Las 6 características sensoriales (tostado, amargo, quemado, chocolate, frutal y floral), en estos seis casos no se realizaron pruebas de normalidad debido a que no se considera que las variables provengan de distribuciones normales, lo cual sumado al hecho de que las muestras son pequeñas hace que se descarte el uso de cualquier prueba paramétrica.

**Tabla 36 Evaluación sensorial comparativo del Secado Manual (Grupo de Control) versus la Secadora Automática (Grupo Experimental)**

Lotes	Secado	Tostado	Amargo	Quemado	Chocolate	Frutal	Floral
1	Manual	1	2	0	4	4	1
	Automatizado	1	2	0	4	4	1
2	Manual	0	1	0	4	2	0
	Automatizado	0	1	0	3	2	0
3	Manual	0	2	0	5	0	0
	Automatizado	0	2	0	5	0	0
4	Manual	0	0	0	6	4	2
	Automatizado	0	0	0	5	4	2
5	Manual	0	0	0	6	2	0
	Automatizado	0	0	0	6	2	0
6	Manual	1	0	0	5	2	2
	Automatizado	0	0	0	5	2	2
7	Manual	0	0	0	4	3	0
	Automatizado	0	0	0	4	3	0
8	Manual	0	2	0	2	0	0
	Automatizado	0	2	0	3	0	0
9	Manual	0	2	0	6	3	3
	Automatizado	0	2	0	6	3	3
10	Manual	0	1	0	4	2	2
	Automatizado	0	1	0	4	2	2
11	Manual	1	0	0	5	4	0
	Automatizado	0	0	0	4	4	0
12	Manual	0	0	0	3	2	2
	Automatizado	0	0	0	3	2	2
13	Manual	0	0	0	4	3	3
	Automatizado	1	0	0	4	3	3
14	Manual	0	0	0	5	4	3
	Automatizado	0	0	0	5	4	3
15	Manual	0	0	0	4	2	3
	Automatizado	0	0	0	4	2	3
16	Manual	0	1	0	3	2	1
	Automatizado	0	1	0	3	2	1
17	Manual	0	0	0	4	2	1
	Automatizado	0	0	0	4	2	1
18	Manual	0	1	0	4	3	1
	Automatizado	0	0	0	3	3	0
19	Manual	0	1	0	5	4	2
	Automatizado	0	0	0	4	4	2
20	Manual	0	1	0	3	4	3
	Automatizado	0	1	0	3	3	3

**Fuente: Elaboración propia**

En los ensayos evaluados se puede observar que no hay la presencia de la característica sensorial de Quemado (cero), eso nos indica que la temperatura de secado en mecanismo automatizado es la idónea. Si un lote de cacao presenta una evaluación sensorial de quemado superior al cero el lote de cacao se rechaza, muy difícil se de este rechazo en lotes de cacao secados de manera manual ya que la temperatura es máximo 33°C en la zona más calurosa del Ecuador, pero se puede presentar en los secadores artificiales si no se controla la temperatura a la idonea.

En la evaluación sensorial del amargo llegó a un nivel máximo de 2, lo que es bueno ya que a un nivel más alto el sabor es muy agresivo para el paladar del panelista e interfiere en el sabor del chocolate al final.

En la evaluación sensorial de chocolate, floral y frutal van a depender de donde se cultivó el grano de cacao y la fermentación que tuvo, pero si comparamos el secado manual versus el secado automatizado no se encuentra una significativa diferencia.

### **5.3.2 Contrastación de hipótesis específica del material no deseado en el cacao (Seleccionador Automático)**

La segunda hipótesis específica en la presente tesis de investigación es “El proceso de seleccionado del cacao en grano se logrará automatizar separando el material no deseado”, para aceptar o rechazar la hipótesis propuesta de debe realizar la contrastación entre la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) del Grupo Experimental.

**$H_0$ :** El seleccionador automático logra separar materiales no deseados al 100% en los lotes de cacao

**H1:** El seleccionador automático no logra separar materiales no deseados al 100% en los lotes de cacao

Por los resultados mostrados en la tabla 25 y con un nivel de confianza del 100% en los 20 lotes de cacao seleccionados, se acepta la hipótesis nula (H0).

### **5.3.3 Contrastación de hipótesis para la prevención de los riesgos laborales (Secadora y Seleccionadora Automática)**

La tercera hipótesis específica en la presente tesis de investigación es “La secadora y seleccionadora automática del cacao con componentes seguros podrá prevenir los riesgos laborales”, para aceptar o rechazar la hipótesis propuesta de debe realizar la contrastación entre la hipótesis nula (H0) y la hipótesis alternativa (H1) del Grupo Experimental.

**H0:** Los riesgos laborales se previenen en los procesos de secado y selección del cacao usando los equipos automatizados

**H1:** Los riesgos laborales no se previenen en los procesos de secado y selección del cacao usando los equipos automatizados

En la tabla 37 se realiza un análisis comparativo resumen de la evaluación de los riesgos laborales identificados en los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano de manera manual (Grupo Control) que se muestran en la tabla 26 y 27, versus la secadora y seleccionadora automática (Grupo Experimental) que se muestran en la tabla 28 y 29.

**Tabla 37 Análisis comparativo de los riesgos laborales**

Riesgos Laborales	Secado Manual (Grupo Control)	Selección Manual (Grupo Control)	Secadora Automática (Grupo Experimental)	Seleccionadora Automática (Grupo Experimental)
CRÍTICOS	3	2	0	0
ALTOS	2	1	0	0
MEDIOS	2	2	0	0
BAJOS	0	3	5	4

**Fuente: Elaboración propia**

En los procesos de secado y selección del cacao usando los equipos automatizados, se puede visualizar la ausencia de los riesgos laborales CRÍTICOS, ALTOS Y MEDIOS, solo se visualizan riesgos BAJOS por lo que se acepta la hipótesis nula (H0).

#### **5.4 Contrastación de la Hipótesis General**

La hipótesis general en la presente tesis de investigación es “El automatizado de los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano conservará las características sensoriales y prevendrá los riesgos laborales”, para aceptar o rechazar la hipótesis propuesta de debe realizar la contrastación entre la hipótesis nula (H0) y la hipótesis alternativa (H1)

**H0:** El automatizado de los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano conservará las características sensoriales y prevendrá los riesgos laborales

**H1:** El automatizado de los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano no conservará las características sensoriales y no prevendrá los riesgos laborales

Con las hipótesis nulas (H0) aceptadas en las tres Hipótesis Específicas mencionadas en el apartado 5.4, se acepta automáticamente la hipótesis nula propuesta en la Hipótesis General.



## CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación realizada son las siguientes:

- A partir de las evidencias presentadas, si se puede automatizar el proceso de secado del cacao ecuatoriano sin alterar las características sensoriales con una secadora automática de diseño circular, equipadas con dos brazos mecánicos a 1.2 RPM, temperatura constante de  $52\pm 3$  °C y usando GLP como combustible para el intercambiador de calor.
- El seleccionador de cacao debe usar el principio de los pesos específicos para la separación de los materiales no deseados, en su diseño y elaboración deben estar equipadas con los tres sistemas (zarandeo semi-elíptico o zic-zac, ventilación, suspensión y regulación).
- Los riesgos laborales CRÍTICOS, ALTOS Y MEDIOS en los procesos de secado y selección de manera manual pueden ser prevenidos usando la secadora y seleccionadora automática que contenga componentes técnicos seguros.

## RECOMENDACIONES

Mediante la investigación realizada en el presente proyecto, y como oportunidad de mejora se puede recomendar lo siguiente:

- Seguir investigando otros mecanismos de secado para el cacao en grano que conserve sus características sensoriales, minimice el tiempo de secado, seguros y amigables con el medio ambiente, una de ellas podría ser la tecnología de infrarojo muy usado en los Estados Unidos en la fabricación de galletas.
- Buscar un mecanismo para reducir el ruido de los 80 decibeles (dB) producidos en la seleccionadora automática para evitar molestias en la audición al personal.
- Elaborar una metodología más sencilla y efectiva que permita evaluar los riesgos laborales en las diversas tareas agroindustriales, sin requerir mucha experiencia en seguridad industrial y salud ocupacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Ortiz, L., Graziani, L., (2009). Influencia de varios factores sobre las características del grano de cacao fermentado y secado al sol. Venezuela: Agronomía Trop.
- AEC. (2017). Asociación Española para la Calidad. Recuperado el 30 de Mayo de 2016, de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento>
- Almazán. I. (2008). Automatización y robótica en la producción. 15 Recuperado de Abril de 2016, de <https://www.gestiopolis.com/automatizacion-robotica-produccion>
- Álvarez, A., Velázquez, G. (2012). Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Gestores al día, 1(14), 4-6.
- Amores, F., Suárez, C., Garzón I., (2010). Producción intensiva de cacao nacional con sabor “ARRIBA”. Ecuador: Grafipubliservi.
- Anecacao. (2015). Estadísticas de Exportaciones 2014. Recuperado 03 Febrero de 2015, de <http://www.anecacao.com/es/estadisticas>
- Arias, F. (2015). El proyecto de la investigación. Caracas: Editorial Episteme.
- Asensio, S., Diego, J., González, M. (2009). Análisis de los factores de riesgo relacionados con los trastornos músculo-esqueléticos. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Astudillo, T. (2017). La robótica industrial. España: Servifest
- Benavides, F., Delclos, J., García, A., Ruiz, C. (2007) Salud Laboral. España: Globus.
- Bermúdez, F. (2012). Análisis de la seguridad y salud ocupacional en el Ecuador. Ecuador: Editorial Océano.
- Bernal, C. (2016). Metodología de la Investigación. Colombia: Pearson.
- Blacio, F. (2013). El cacao. Ecuador: Tecgraphics S.A.
- Pessa, B., Rinaldi, E. (2017). Seleccionador de cacao. Brasil: Coopavel

- Cañada, J., Díaz, I., Medina, J., Puebla, M. (2008). Manual para el profesor de seguridad y salud en el trabajo. España. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. INSHT.
- Carrillo, M., Recalde, M., Sánchez, J. (2010). Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo. *Manejo de la nutrición del cultivo de cacao (Theobroma cacao)*, 1(1), 2-6
- Chase, R., Jacobs, R., Alquilano, N (2017). Administración de operaciones. México. Mc Graw Hill
- Chávez, A. (2007). Introducción a la investigación educativa. Maracaibo: ARS GARPHIC.
- Cocoaquality. (2016). Calidad de granos. Requisitos. Recuperado el 23 de Noviembre de 2016, de [http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao %20en%20Grano%20Requisito](http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisito)
- Corral. Y., Corral. I. (2015). Procedimiento de muestreo. Recuperado el 16 de Abril de 2016, de <http://servicio.be.uc.edu/educacion/revista/46/>
- Crespo, J. (2011). La ingeniería neumática. México, Publieditorial SL.
- Crespo. W. (2011). Automatización industrial. Recuperado el 20 de abril de 2015, de <http://wordpress.com>
- Cros, E. (1997). Cocoa quality: effect of fermentation and drying. Recuperado el 24 de Abril de 2016, de [http://www.sodiaf.org.do/revista/sodiaf/vol3\\_n1\\_2014/articulo/55\\_60](http://www.sodiaf.org.do/revista/sodiaf/vol3_n1_2014/articulo/55_60)
- Dania. D. (2009). Descripción de los tipos de automatización. Recuperado 15 de Abril de 2015, de <http://cncipm.blogspot.com/2009/06/descripcion>
- Devore, J. (2005). Probabilidad y estadísticas para ingeniería y ciencia. México: Thomson cop.
- Diego. J. (2014). NIOSH Evaluación ergonómica. Recuperado el 12 de Diciembre de 2014, de <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh>
- Echeverry, D. (2010). Diseño y simulación de la automatización de un secador electromecánico de café (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

- Ecuaquímica. (2011). Cacao ecuatoriano. Recuperado el 04 de Diciembre de 2014, de <http://ecuaquimica.com/cacao>
- El Comercio. (2014). El cacao ecuatoriano huele a USD 700 millones. Recuperado el 19 de Abril de 2015, de <http://elcomercio.com>
- Enríquez, G. (2010). Cacao Orgánico. Guía para productores ecuatorianos. Ecuador: Grafipubliservi.
- Escobar, R., Arestegui, M., Moreno, A. (2013). Catálogo de maquinaria para procesamiento de cacao. Lima: Llata SAC
- Evelin, T. (2015). El cacao ecuatoriano huele a USD 700 millones. Líderes, 1(1), 10-12
- Fierro, M. (1990). Diseño térmico de un secador de cacao del tipo plataforma. Escuela Superior Politécnica del Litoral (Tesis de pregrado), Guayaquil.
- Garcia. (1999). Automatización y ordenadores. Recuperado el 10 de Marzo de 2017, de <https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace>
- Giraldo, A. (2010). Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuacu (*Theobroma grandiflorum*) en rodajas. Brazil: ACR Editorial.
- Graziani, L. (2003). Calidad del cacao. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <https://cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html>
- Grupo MCR. (2016). Ventajas y desventajas de la automatización industrial. Recuperado el 12 de Enero de 2017 de <http://www.mcr.es/ventajas-y-desventajas-de-la-automatizacion-industrial/>
- Guachamin, C. (2007). Diseño de un secador de granos de cacao fino (Tesis de postgrado). Universidad Politécnica Nacional, Quito.
- Guerrero, H. (2013). El Cacao ecuatoriano su historia empezó antes del siglo XV. Líderes, 1(1), 5-8.
- Gutiérrez, M. (2007). Manual de prácticas de control de calidad de cacao

- en centros de acopio. APROCAP. Recuperado 12 de Noviembre de 2016 de [http://www.pdrs.org.pe/img\\_upload\\_pdrs/36c22b17acbae902af95f80](http://www.pdrs.org.pe/img_upload_pdrs/36c22b17acbae902af95f80)
- Hernández, R., Baptista, P., Fernández, C. (2010). Metodología de la Investigación. México: McGraw Hill.
- Herrera, M. (2009). Automatización y robótica. España. Editorial Seris.
- Hurtado, J. (2008). Metodología de la investigación Holística. Caracas: Fundación Sypal.
- IESS. (2014). Reporte de accidentes y enfermedades profesionales. Recuperado 08 de Noviembre de 2014, de <http://iess.gob.ec/es/web/guest>
- ICASEL. (2013). Los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral. Recuperado 12 diciembre de 2015, de <http://www.fauca.org/wp-content/uploads/2016/05/folleto5.pdf>
- INEN. (2006). NTE INEN 176:2006 Cacao en grano. Requisitos. Recuperado el 12 de Febrero de 2016 de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2016/03/NTE.-INEN-0176.2006.pdf>
- Iñigo, L. (2012). Revolución Industrial. Madrid: Nowtilus, S.L.
- Iñiguez. S. (2014). La automatización de procesos. Recuperado el 10 de Noviembre de 2014, de <http://es.over-blog.com>
- La Hora. (2012). Reportar accidentes laborales. Recuperado el 08 Diciembre de 2014, de <http://lahora.com.ec/index.php/noticias>
- Lérido, B. (2009). El Cultivo de Cacao. República Dominicana: Ingráfica C.
- Leung. (2010). La automatización Industrial. México. Mc Graw Hill
- Machado, A (2010). Automatización de los procesos Productivos en la planta de partes y piezas. Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Maupoey, P., Barat, J. (2009). Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Medina, J., Guadayol, J. (2010). La automatización en la industria química. Barcelona: Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, SL.
- Menda, B., Pinto, U. (2007). Programa de desarrollo de cacao en el estado de Lara. Venezuela: PROINLARA.

- Ministerio de Trabajo (2012). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto-Ejecutivo-2393.p. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015, de <http://www.trabajo.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2012/12>
- Miranda, G. (2009). Evaluación del proceso de secado de granos de cacao fermentado, en un secador de bandejas con convección forzada de aire (Tesis de pregrado). Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui, Barcelona.
- Naturland, E. (2008). Agricultura orgánica en el trópico y subtrópico. Recuperado el 05 Diciembre de 2014, de
- Navarrete, T. (2013). Automatización de los procesos en la empresa OMS. México. Publieditorial.
- OIT. (2014). Seguridad y salud en el trabajo. Recuperado el 14 Noviembre de 2014, de [http:// http://ilo.org/global/standards](http://ilo.org/global/standards)
- OMS. (2005). Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 15 de diciembre de 2015, de <http://www.who.int>.
- Osseiran, N. (2013). El número de accidentes y enfermedades relacionados con el trabajo sigue aumentando. Recuperado el 15 de Marzo de 2016 de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/>
- Palela, S., Martins, F. (2010). Metodología de la investigación cuantitativa. Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Paredes, N. (2009). Manual de cultivo de cacao. Ecuador: Activa.
- Pérez, J., Gutiérrez, J. (2013). El cacao y sus inicios. Ecuador: Edumundo.
- Pérez, P. (2014). Diseño y automatización industrial. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Pilay, J. (2013). Ergonomía y su aplicación en la agroindustria. Ecuador: Editorial Oceano.
- Ponsa, P., Granollers, A. (2013). Diseño y automatización industrial. España: Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, SL.

- Pontiles, B. (2013). Ingeniería en secadores. México: Editorial Mundo Libros.
- Pontón, P (2005). Programa de estudios de género. Facultad Latinoamérica de Ciencias Sociales FLACSO
- Puente. L. (2008). Automatización de un secador convectivo de aire caliente para fines de docencia en ingeniería de alimentos. Recuperado el 06 Diciembre de 2014, de <http://www.researchgate.net/publication>
- Quezada, N. (2015). Metodología de la Investigación. Perú: Editorial MACRO.
- Reyes, H., Vivas, J., Alfredo, R. (1999). La calidad en el cacao. Factores determinantes de la Calidad. FONAIAP. Recuperado el 21 de abril del 2016 de <http://ceniap.gov.ve/publica/divulga>
- Robotecno. (2017). Historia de la automatización. Recuperado el 10 de Diciembre de 2016, de <https://sites.google.com/site/ /historia>
- Ruiz, L (1994). Manipulación manual de cargas, ecuación NIOSH. Recuperado 15 de enero de 2015, de <http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion%20divulgacion/material%20didactico/EcuacionNIOSH>
- Salazar, D. (2003). Automatización. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Recuperado el 16 de Abril de 2016, de <http://sifunpro.tripod.com/automatizacion.htm/>
- Sanchez, V. (2007). Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- Simarro, J. (2014). Características y consecuencias de la revolución industrial. Recuperado el 08 Noviembre de 2014, de <http://jmsima.com>
- Tinoco, H., Yomali, D. (2010). Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. Revista EIA, ISSN 1794-123, 1(3), 53.



- Tompkins, J., White J., Bozer, Y., Tanchoco, J. (2006). Planeación de instalaciones. Madrid: Editorial Thomson.
- Torre, M. (2012). Influencia de las características y procesado del grano de cacao en la composición físico-química y propiedades sensoriales del chocolate negro (Tesis de Doctorado). Universitat Rovari i Virgili, Reus.
- Tortosa, L., García Molina, C., Page, A., Ferreras, A. (1999). Ergonomía y discapacidad. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV).
- UB. (2001). Dirección General de Ordenación, Renovación y Centros. Recuperado el 12 de Enero de 2016, de <http://www.ub.edu/prometheus21/articulos/obsciberprome/blanquez.pdf>
- Unicef. (2013). Plan Nacional del Buen vivir 2013-2017. Consejo Nacional de Planificación. Recuperado el 09 de Octubre de 2015, de [https://www.unicef.org/ecuador/Plan\\_Nacional\\_Buen\\_Vivir\\_2013-2017](https://www.unicef.org/ecuador/Plan_Nacional_Buen_Vivir_2013-2017)
- Unideg. (2013). Automatización y robot. Recuperado el 28 de Marzo de 2017, de <http://tareasuniversitarias.com/automatizacion-y-robot>
- Velasco, J. (2007). Organización de la producción. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Villavicencio, A. (2001). Caracterización química del nivel de fermentación y estudio de los parámetros de calidad del cacao producido en el Ecuador (Tesis de pregrado). Pontifica Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Wil. J. (2013). Secado del cacao. Recuperado el 8 de octubre de 2014, de <http://agropecuarios.net>
- Yáñez, C. (2009). Plan para exportación de cacao en pasta. Ecuador: Servigrafic Cia Ltda.
- Yopez, F. (2014). Población y muestra. Venezuela: Editamayo.
- Zambrano, L. (2010). Establecimiento, manejo y capacitación en Vivero de cacao utilizando dos tipos de injertos en la comunidad de naranjal del cantón Quinde provincia de Esmeraldas (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Manabi, Manabi.

## **ANEXO 1: Estudio ergonómico de las tareas manuales de secado, selección y almacenamiento de cacao en Nestlé Ecuador**

El anexo 1 es un estudio de salud ocupacional realizado en febrero del 2015 a los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano de manera manual (secado en Tendales) a la empresa Nestlé Ecuador.

El grupo evaluador estuvo conformado por el tesista (magister en calidad, ambiente y seguridad), un médico ocupacional con especialidad en ergonomía, un técnico en seguridad industrial y el jefe de operaciones del Negocio Cacao de Nestlé Ecuador.

El Negocio Cacao es la unidad que se encarga de la compra, secado, selección, almacenamiento y distribución de cacao en grano a las diferentes plantas elaboradoras de chocolates y semielaborados de Nestlé a nivel mundial.

El objetivo de este estudio ergonómico es tener una valoración cuantitativa del riesgo expuesto a los colaboradores que trabajan en los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano. La valoración cuantitativa permite tener un diagnóstico inicial de que si las operaciones son seguras o si los colaboradores están expuesto a un accidente o enfermedad ocupacional que pueda comprometer la salud de los mismos.

El presente estudio ergonómico está realizado bajo normas y procedimientos estandarizados y validados a nivel mundial y que permite la repetividad del estudio o comparar con otras técnicas de validación.

## **1.1 Introducción**

La evaluación ergonómica de puestos de trabajo tiene por objeto detectar el nivel de presencia, en los puestos evaluados, de factores de riesgo para la aparición, en los trabajadores que los ocupan, de problemas de salud de tipo disergonómico. Existen diversos estudios que relacionan estos problemas de salud de origen laboral con la presencia, en un determinado nivel, de dichos factores de riesgo. Para evaluar el nivel de riesgo asociado a un determinado factor de riesgo existen diversos métodos que tratan de facilitar la tarea del evaluador (Pilay, 2013).

Según Pilay (2013), cada factor de riesgo puede estar presente en un puesto en diferentes niveles. Así, por ejemplo, debe evaluarse si la repetitividad de movimientos, que es un factor de riesgo para la aparición de Trastornos Músculo-Esqueléticos (TMEs) en la zona cuello-hombros, presenta un nivel suficiente en el puesto evaluado como para considerar necesaria una actuación ergonómica.

## **1.2 Objetivo general del estudio**

Valoración de factores ergonómicos geométricos.

## **1.3 Metodología del estudio**

La recopilación de la información se lo realizó en diferentes tareas determinadas por la Empresa, que se detallan a continuación:

### **Tareas evaluadas**

- Revuelta
- Recepción
- Despacho

- Tolveada
- Maquinado
- Tendales
- Secado
- Almacenaje

#### **1.4 Metodología**

Las tareas evaluadas en la empresa Nestlé, son tareas con manipulación manual de cargas denominadas tareas múltiples, es decir, las variables de levantamiento varían en el transcurso de la tarea, o son actividades en las que se combinan un levantamiento y un transporte, o varios levantamientos y transportes, arrastre, y una tarea simple.

Para evaluar este tipo de tareas múltiples calculamos un Índice Compuesto (IC), representativo de la demanda global del trabajo debido a la realización de varias operaciones o tareas de levantamiento y transporte distintas.

De ahora en adelante hablaremos de:

**Tarea múltiple:** Actividad de manipulación manual de cargas que consiste en varias tareas diferentes que se llevan a cabo de forma separada, o bien en una única tarea de levantamiento donde alguno de los parámetros se modifica significativamente a lo largo de la tarea.

**Tarea simple:** Cada una de las tareas individuales, o de las subtareas u operaciones que componen la tarea múltiple.

**Índice compuesto:** Índice global de la tarea múltiple.

**Índice simple:** Nivel de riesgo correspondiente a cada una de las tareas simples evaluadas de forma independiente.

El procedimiento de cálculo del índice compuesto es:

- Calcular el índice de cada una de las n tareas simples que forman la tarea múltiple (IS)
- Ordenar las tareas simples de mayor a menor índice
- Calcular el índice compuesto (IC)

**1. Evaluación del índice compuesto (IC)**

En la tabla 1 se muestra el índice compuesto y la medición del mismo.

**Tabla 1 Índice compuesto**

ÍNDICE COMPUESTO	
Menor a 1	Riesgo Aceptable
Entre 1 y 1,6	Incremento moderado del riesgo
Mayor a 1,6	Incremento acusado del riesgo

**Fuente:** Elaboración propia

El Índice Compuesto proporciona un valor relativo indicativo del grado de estrés físico, y cuanto mayor es:

- La demanda física de la tarea es más elevada comportando un riesgo mayor para el trabajador.
- Respecto a la población expuesta a esta tarea, aumenta el porcentaje de trabajadores que pueden desarrollar trastornos musculoesqueléticos de origen laboral.

Para la evaluación mencionada se utilizó la aplicación informática ERGO-IBV del Instituto de Biomecánica de Valencia, la misma que integra la ecuación de NIOSH modificada, en la que se asigna un valor de 25 Kg a la carga constante en lugar de los 23 Kg originales, y además nos permite evaluar condiciones de transporte, arrastre y empuje de cargas.

### **Cálculo del Índice Simple de Levantamiento**

Los coeficientes correctores son:

- Factor de distancia horizontal (HM)
- Factor de distancia vertical (VM)
- Factor de desplazamiento (DM)
- Factor de asimetría (AM)
- Factor de frecuencia (FM)
- Factor de agarre (CM)

Estos coeficientes correctores están basados en una serie de parámetros o variables propias de la tarea de levantamiento como son:

- La distancia horizontal entre el trabajador y la carga
- La posición vertical de la carga
- La distancia de elevación o descenso de la carga
- El ángulo de asimetría
- La frecuencia de levantamiento
- La duración de la tarea
- El tipo de agarre de la carga

El límite de peso calculado se compara con el valor real del peso levantado a fin de establecer el grado de riesgo asociado a la tarea. Para ello se define un

Índice de Levantamiento, el cual no es más que el cociente entre la carga real manipulada y la recomendada.

$$\text{Índice de levantamiento} = \frac{\text{Carga levantada}}{\text{Límite de peso recomendado}} \quad [\text{Ecuación 1}]$$

Cabe recalcar que hay que determinar si se trata de una tarea con control significativo en el destino, si el trabajador debe:

- Colocar o guiar la carga en el punto de destino con cierta precisión
- Sostener o mantener suspendida la carga antes de dejarla
- Cambiar el agarre de la carga al depositarla o bien levantarla de nuevo para recolocarla

En las tareas en las que existe control en el destino se aplicó dos veces la ecuación modificada de NIOSH, teniendo en cuenta cada vez las variables correspondientes a la posición inicial y final de la carga, y escogiendo como nivel de riesgo final para la tarea el índice de levantamiento más restrictivo, es decir, el mayor.

## 1.5 Resultados y conclusiones

Los resultados de las evaluaciones y conclusiones en cada puesto de trabajo se detallan a continuación:

### 1.6 Revuelta

La tarea consiste en:

- Un operador arriba de los sacos, arrastra un saco, lo levanta, descoce y lo coloca en los hombros del operador
- Dos operadores a nivel del suelo, levantan el saco, lo descoce y lo levantan hacia el hombro del operador

- El operador con el saco en los hombros lo transporta hacia la banda, la distancia de transporte puede llegar a ser de hasta 23 metros
- Los sacos tienen un peso de 68 Kg, y el tiempo aproximado de duración de la tarea evaluada es 2 horas

En la figura 1 y 2 se puede apreciar el levantamiento del saco desde el nivel superior e inferior.

**Figura 1 Levantamiento de saco desde el nivel superior**



**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 2 Levantamiento del saco desde el nivel inferior**



**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 3 se muestra el resultado del levantamiento de sacos superiores e inferiores mediante la aplicación informática ERGO-IBV del Instituto de Biomecánica de Valencia, la misma que integra la ecuación de NIOSH modificada, también muestra la interpretación de la valoración del nivel de riesgo en las actividades mencionadas y las recomendaciones a seguir.

**Figura 3 Resultados de ERCO-IBV de levantamiento de sacos superiores e inferiores**

Manipulación Manual de Cargas

MMC Múltiple - INFORME

COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE

Duración       Tarea adicional

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
LEVANTAMIENTO DE SACOS SUPERIORES	Levantamiento	6.92	1	6.920
LEVANTAMIENTO DE SACOS INFERIORES	Levantamiento	4.94	2	0.445

RIESGO de la TAREA MÚLTIPLE

Índice Compuesto (IC)


Riesgo inaceptable

Evaluador (nombre y firma)

Interpretación del índice

<b>Riesgo aceptable</b>	(Índice <=1). La mayoría de trabajadores no debe tener problemas al ejecutar este tipo de tareas.
<b>Riesgo moderado</b>	(1 < Índice <1.6). En principio, las tareas de este tipo deben rediseñarse para reducir el riesgo. Bajo circunstancias especiales (por ejemplo, cuando las posibles soluciones de rediseño de la tarea no están lo suficientemente avanzadas desde un punto de vista técnico), pueden aceptarse estas tareas siempre que se haga especial énfasis en aspectos como la educación o entrenamiento del trabajador (por ejemplo, un conocimiento especializado en identificación y prevención de riesgos), el seguimiento detallado de las condiciones de trabajo de la tarea, el estudio de las capacidades físicas del trabajador y el seguimiento de la salud del trabajador mediante reconocimientos médicos periódicos.
<b>Riesgo inaceptable</b>	(Índice >=1.6). Debe ser modificada la tarea.

**Fuente:** Elaboración propia

El nivel de riesgo global de la tarea es 7.36, inaceptable desde el punto de vista ergonómico; debido principalmente al peso del saco (68 Kg) muy por encima de lo establecido en la normativa (23 Kg). Así exista un rediseño de la tarea y el entorno de levantamiento sea el más adecuado, pero el peso sigue en 68 Kg, la tarea será siempre inaceptable, por lo que se deberá implementar ayudas mecánicas que garanticen al mínimo el manejo manual de los sacos.

En relación al operador de transporte, la tarea también es inaceptable ergonómicamente, debido al peso del saco (68 Kg), a la distancia de transporte y la altura del agarre de la carga (a nivel de los hombros).

Ergonómicamente el peso no debe superar los 23 Kg, la distancia máxima de transporte será de 8,5 metros, y la altura del agarre puede ser a nivel de los codos o a tracción simple a la altura de las caderas, solamente se permite el transporte de cargas a nivel de los hombros en situaciones demasiado puntuales, y en el caso de la tarea evaluada es la altura habitual de transporte.

En las tareas de levantamiento es más crítico el levantamiento del saco cuando el operador se encuentra encima de los sacos, ya que lo realiza individualmente, al realizarlo a nivel del suelo lo hacen entre 2 operadores, con lo que disminuye el riesgo, sin llegar a ser aceptable.

## **1.7 Recepción**

En esta tarea trabajan entre 4 operadores:

- Dos operadores arrastran los sacos del camión a la banda
- Dos operadores estiban los sacos, desde la banda a los palets

Los sacos tienen un peso de 68 Kg, y el tiempo aproximado de duración de la tarea evaluada es 30 minutos por camión, y promedio reciben 8 camiones por jornada laboral. Cada camión contiene 200 sacos promedio.

En la figura 4 se puede apreciar el levantamiento del saco desde por parte de los estibadores desde la banda transportadora.


**Figura 4 Levantamiento de sacos**



**Fuente:** Elaboración propia


En la figura 5 se muestra el resultado del levantamiento desde la banda transportadora mediante la aplicación informática ERGO-IBV del Instituto de Biomecánica de Valencia, la misma que integra la ecuación de NIOSH modificada, también muestra la interpretación de la valoración del nivel de riesgo en las actividades mencionadas y las recomendaciones a seguir.

**Figura 5 Resultados de ERCO-IBV de levantamiento de sacos desde la banda transportadoras**




## Manipulación Manual de Cargas

MMC Múltiple - INFORME



INSTITUTO DE  
BIOMÉDICA  
DE VALENCIA

**SUBTAREA de LEVANTAMIENTO (detalle)**

Subtarea:  

**VARIABLES**

			Origen	Destino	
Duración	<input type="text" value="media"/>	Posición horizontal (cm)	<input type="text" value="12,0"/>		Control en el destino <input type="text" value="No"/>
Peso de la carga (kg)	<input type="text" value="68,0"/>	Posición vertical (cm)	<input type="text" value="160,0"/>	<input type="text" value="165,0"/>	Operación con 1 mano <input type="text" value="No"/>
Frecuencia (lev/min)	<input type="text" value="3,340"/>	Ángulo de asimetría (°)	<input type="text" value="0,0"/>		Operación entre 2 personas <input type="text" value="No"/>
		Tipo de agarre	<input type="text" value="malo"/>		Tarea adicional <input type="text" value="No"/>

**CÁLCULOS**

LC - Peso de referencia (kg) <small>para la posición considerada</small>	<input type="text" value="25"/>
HM - Factor horizontal	<input type="text" value="1,00"/>
VM - Factor vertical	<input type="text" value="0,75"/>
DM - Factor de desplazamiento vertical	<input type="text" value="1,00"/>
AM - Factor de asimetría	<input type="text" value="1,00"/>
FM - Factor de frecuencia	<input type="text" value="0,77"/>
CM - Factor de agarre	<input type="text" value="0,90"/>
OM - Factor de operación con 1 mano	<input type="text" value="1,00"/>
PM - Factor de operación entre 2 personas	<input type="text" value="1,00"/>
AT - Factor de tarea adicional	<input type="text" value="1,00"/>
LPR - Límite de peso recomendado (kg) <small>LPR = LC x HM x VM x DM x AM x FM x CM x OM x PM x AT</small>	<input type="text" value="12,84"/>
Índice <small>Peso de la carga / LPR</small>	<input type="text" value="5,29"/>

**RIESGO de la SUBTAREA**

Índice Simple (IS):  Riesgo inaceptable

**Fuente:** Elaboración propia

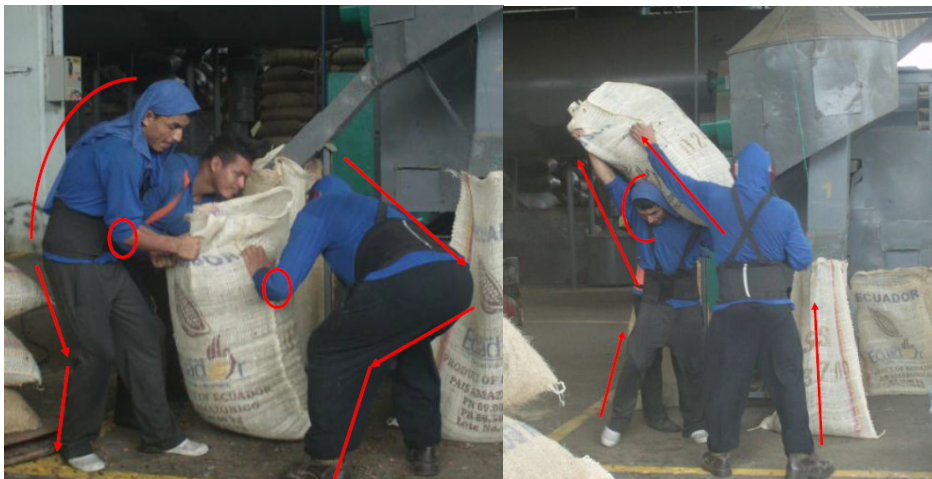
El nivel de riesgo de la tarea de levantamiento es 5,29 inaceptable desde el punto de vista ergonómico; debido principalmente al peso del saco (68 Kg) muy por encima de lo establecido en la normativa (23 Kg). Así exista un rediseño de la tarea y el entorno de levantamiento sea el más adecuado, pero el peso sigue en 68 Kg, la tarea será siempre inaceptable, por lo que se deberá implementar ayudas mecánicas que garanticen al mínimo el manejo manual de los sacos.

## 1.8 Maquinado

Es una tarea en la cual se llenan aproximadamente 220 sacos, un operador llena el saco en el área de llenado, luego entre 2 operadores levantan el mismo hacia los hombros del operador del transporte, lo transporta hacia la plataforma de pesaje, y luego hacia la plataforma de cosido, y después hacia el palet.

En la figura 6 se muestra las tareas de levantamiento de sacos en el área de llenado.

**Figura 6 Levantamiento de cargas en área de llenado**



**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 7 se muestra las tareas de levantamiento de cargas para la plataforma de cosido de los sacos con cacao.


**Figura 7 Levantamiento de cargas para el área de cosido de sacos**



**Fuente:** Elaboración propia


En la figura 8 se muestra el resultado del levantamiento de carga en el área de llenado mediante la aplicación informática ERGO-IBV del Instituto de Biomecánica de Valencia, la misma que integra la ecuación de NIOSH modificada, también muestra la interpretación de la valoración del nivel de riesgo en las actividades mencionadas y las recomendaciones a seguir.

**Figura 8 Resultados de ERCO-IBV de levantamiento de sacos en área de llenado (maquinado)**



**Ergo/IBV**  
Evaluación de riesgos ergonómicos

## Manipulación Manual de Cargas



**IBV**  
INSTITUTO DE UN  
BIOERGÓNICA  
DE VALENCIA

### MMC Simple - Levantamiento - INFORME

#### IDENTIFICACIÓN

Archivo:


Fecha:

Tarea:

Empresa:

Observaciones:

Población:  General  Mayor protección



#### VARIABLES

			Origen	Destino		
Duración	<input type="text" value="corta"/>	Posición horizontal (cm)	<input type="text" value="25,0"/>		Control en el destino	<input type="text" value="No"/>
Peso de la carga (kg)	<input type="text" value="68,0"/>	Posición vertical (cm)	<input type="text" value="45,0"/>	<input type="text" value="165,0"/>	Operación con 1 mano	<input type="text" value="No"/>
Frecuencia (lev/min)	<input type="text" value="2,000"/>	Ángulo de asimetría (°)	<input type="text" value="45,0"/>		Operación entre 2 personas	<input type="text" value="Si"/>
		Tipo de agarre	<input type="text" value="regular"/>		Tarea adicional	<input type="text" value="No"/>

#### CÁLCULOS

LC - Peso de referencia (kg) <small>para la población considerada</small>	<input type="text" value="25"/>
HM - Factor horizontal	<input type="text" value="1,00"/>
VM - Factor vertical	<input type="text" value="0,91"/>
DM - Factor de desplazamiento vertical	<input type="text" value="0,86"/>
AM - Factor de asimetría	<input type="text" value="0,86"/>
FM - Factor de frecuencia	<input type="text" value="0,91"/>
CM - Factor de agarre	<input type="text" value="0,95"/>
OM - Factor de operación con 1 mano	<input type="text" value="1,00"/>
PM - Factor de operación entre 2 personas	<input type="text" value="0,66"/>
AT - Factor de tarea adicional	<input type="text" value="1,00"/>
LPR - Límite de peso recomendado (kg) <small>LPR = LC x HM x VM x DM x AM x FM x CM x OM x PM x AT</small>	<input type="text" value="9,33"/>
Índice <small>Peso de la carga / LPR</small>	<input type="text" value="3,57"/>

#### RIESGO de la TAREA

Índice:

Riesgo inaceptable


Evaluador (nombre y firma)

Fuente: Elaboración propia




En la figura 9 se muestra el resultado del levantamiento de carga para el área de cosido de sacos mediante la aplicación informática ERGO-IBV del Instituto de Biomecánica de Valencia, la misma que integra la ecuación de NIOSH modificada, también muestra la interpretación de la valoración del nivel de riesgo en las actividades mencionadas y las recomendaciones a seguir.

**Figura 9 Resultados de ERGO-IBV de levantamiento de sacos en área de llenado (maquinado)**



**Ergo/IBV**  
Evaluación de riesgos ergonómicos

## Manipulación Manual de Cargas



**IBV**  
INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

### MMC Múltiple - INFORME

**IDENTIFICACIÓN**

Archivo:


Fecha:

Tarea:

Empresa:

Observaciones:

Población:  General  Mayor protección



**COMPOSICIÓN de la TAREA MÚLTIPLE**

Duración:  Tarea adicional:

Subtareas	Tipo	IS	Orden	Inc.IC
LEVANTAMIENTO AREA PESADO	Levantamiento	5,29	1	5,290
LEVANTAMIENTO AREA COSIDO	Levantamiento	5,23	2	0,436

**RIESGO de la TAREA MÚLTIPLE**

Índice Compuesto (IC)  Riesgo inaceptable

Evaluador (nombre y firma)

Interpretación del Índice

Riesgo aceptable	(Índice <= 1). La mayoría de trabajadores no debe tener problemas al ejecutar este tipo de tareas.
Riesgo moderado	(1 < Índice < 1,6). En principio, las tareas de este tipo deben rediseñarse para reducir el riesgo. Bajo circunstancias especiales (por ejemplo, cuando las posibles soluciones de rediseño de la tarea no están lo suficientemente avanzadas desde un punto de vista técnico), pueden aceptarse estas tareas siempre que se haga especial énfasis en aspectos como la educación o entrenamiento del trabajador (por ejemplo, un conocimiento especializado en identificación y prevención de riesgos), el seguimiento detallado de las condiciones de trabajo de la tarea, el estudio de las capacidades físicas del trabajador y el seguimiento de la salud del trabajador mediante reconocimientos médicos periódicos.
Riesgo inaceptable	(Índice >= 1,6). Debe ser modificada la tarea.

Fuente: Elaboración propia

El nivel de riesgo de la tarea de levantamiento en el operador en el área de llenado es 3,57 inaceptable desde el punto de vista ergonómico; debido principalmente al peso del saco (68 Kg) muy por encima de lo establecido en la normativa (23 Kg). Así exista un rediseño de la tarea y el entorno de levantamiento sea el más adecuado, pero el peso sigue en 68 Kg, la tarea será siempre inaceptable, por lo que se deberá implementar ayudas mecánicas que garanticen al mínimo el manejo manual de los sacos.

El nivel de riesgo de la tarea de levantamiento en el operador en las plataformas de pesaje y cosido es 5,73 totalmente inaceptable desde el punto de vista ergonómico; debido principalmente al peso del saco (68 Kg) muy por encima de lo establecido en la normativa. Así exista un rediseño de la tarea y el entorno de levantamiento sea el más adecuado, pero el peso sigue en 68 Kg, la tarea será siempre inaceptable, por lo que se deberá implementar ayudas mecánicas que garanticen al mínimo el manejo manual de los sacos.

El nivel de riesgo es menor, pero aún inaceptable, en la subtarea de levantamiento en el área de llenado porque es realizada entre 2 operadores.

## **1.9 Tendales**

En verano los operadores abren 600 sacos por jornada laboral, y desparraman su contenido en el patio. El montacargas coloca el palet encima de la mesa, y los operadores agarran el saco y lo transportan a través del patio, aproximadamente 8 metros, esparciendo su contenido.

En la figura 10 se muestra al operador de tendale en zona de mesa haciendo levantamiento de cargas.


**Figura 10 Levantamiento de cargas en área de Tendales**



**Fuente:** Elaboración propia


En la figura 11 se muestra el resultado del levantamiento de carga para el área de Tendales mediante la aplicación informática ERGO-IBV del Instituto de Biomecánica de Valencia, la misma que integra la ecuación de NIOSH modificada, también muestra la interpretación de la valoración del nivel de riesgo en las actividades mencionadas y las recomendaciones a seguir.

**Figura 11 Resultados de ERGO-IBV de levantamiento de sacos en área de Tendales**



**Ergo/IBV**  
Evaluación de riesgos ergonómicos

## Manipulación Manual de Cargas



**IBV**  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS DE VALENCIA

### MMC Simple - Levantamiento - INFORME

IDENTIFICACIÓN

Archivo:


Fecha:

Tarea:

Empresa:

Observaciones:

Población:  General  Mayor protección



VARIABLES

			Origen	Destino	
Duración	<input type="text" value="larga"/>	Posición horizontal (cm)	<input type="text" value="12,0"/>		Control en el destino
Peso de la carga (kg)	<input type="text" value="68,0"/>	Posición vertical (cm)	<input type="text" value="160,0"/>	<input type="text" value="158,0"/>	Operación con 1 mano
Frecuencia (lev/min)	<input type="text" value="0,310"/>	Ángulo de asimetría (*)	<input type="text" value="60,0"/>		Operación entre 2 personas
		Tipo de agarre	<input type="text" value="malo"/>		Tarea adicional

CÁLCULOS

LC - Peso de referencia (kg) <small>para la población considerada</small>	<input type="text" value="25"/>
HM - Factor horizontal	<input type="text" value="1,00"/>
VM - Factor vertical	<input type="text" value="0,75"/>
DM - Factor de desplazamiento vertical	<input type="text" value="1,00"/>
AM - Factor de asimetría	<input type="text" value="0,81"/>
FM - Factor de frecuencia	<input type="text" value="0,84"/>
CM - Factor de agarre	<input type="text" value="0,90"/>
OM - Factor de operación con 1 mano	<input type="text" value="1,00"/>
PM - Factor de operación entre 2 personas	<input type="text" value="1,00"/>
AT - Factor de tarea adicional	<input type="text" value="1,00"/>
LPR - Límite de peso recomendado (kg) <small>LPR = LC x HM x VM x DM x AM x FM x CM x OM x PM x AT</small>	<input type="text" value="11,31"/>
Índice <small>Peso de la carga / LPR</small>	<input type="text" value="6,01"/>

RIESGO de la TAREA

Índice

Riesgo inaceptable

Evaluador (nombre y firma)

Fuente: Elaboración propia

El nivel de riesgo de la tarea de levantamiento del operador en el área Tendales es 6,01 inaceptable desde el punto de vista ergonómico; debido principalmente al peso del saco (68 Kg) muy por encima de lo establecido en la normativa (23 Kg). Así exista un rediseño de la tarea y el entorno de levantamiento sea el más adecuado, pero el peso sigue en 68 Kg, la tarea será siempre inaceptable, por lo que se deberá implementar ayudas mecánicas que garanticen al mínimo el manejo manual de los sacos.

### **1.10 Recomendaciones**

La principal recomendación en todas las tareas evaluadas es la disminución del peso de los sacos (actualmente en 68 Kg), ya que con el peso mencionado cualquier tarea que implique el manejo manual será inaceptable siempre desde el punto de vista ergonómico.

### **Control de los factores de riesgo**

Existen muchas opciones que permiten controlar los factores de riesgo que podrían estar presentes en labores de manejo manual de carga.

- Intervenciones de ingeniería: Incluye la modificación, ajuste, sustitución o implementación de herramientas, equipos, puestos de trabajo, procesos o materiales.
- Intervenciones administrativas: En general, se relacionan con la promoción de buenas prácticas de organización del trabajo.

En la figura 12 se muestra el mejoramiento ergonómico administrando controles operacionales.

**Figura 12 Mejoramiento ergonómico**



**Fuente:** Elaboración propia

### **Principios de ingeniería de métodos**

El transporte de materiales, no agrega valor a los productos y es fuente potencial de lesiones a los trabajadores, pérdidas materiales y de tiempo en los procesos. Además, siempre representa costos en términos de espacio, maquinaria y energía. Este principio básico, es aplicable tanto a materiales pesados como a objetos manejables manualmente.

Desde este punto de vista, se recomienda mejorar la disposición del área de trabajo de modo que sea mínima la necesidad de mover materiales. Es conveniente recordar que una disposición flexible, que pueda adaptarse a los cambios del flujo de trabajo es una disposición productiva (Unideg, 2013).

## **ANEXO 2: Manual de uso, mantenimiento y prevención de riesgos laborales en secadora circular automatizada**

En el anexo 2 se describe el manual de uso de la secadora objeto de la investigación, su mantenimiento y las precauciones de seguridad industrial que debe seguir para la prevención de riesgos laborales.

El manual de usuario se puede completar con las indicaciones según la normativa nacional existente sobre prevención de accidentes y protección medioambiental, “Decreto ejecutivo 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo”.

Este manual de usuario contiene información sobre el funcionamiento de la secadora industrial homogénea de forma circular con todas las opciones posibles.

### **1 Partes de la secadora homogénea circular**

#### **I. Cama**

1 A = Plataforma y bases

1 B = Base central de eje

*Sistema de descarga:*

1 C= Compuerta de descarga

1 D = Recubrimiento interno de descarga

1 E = Tolva de tránsito

#### **II. Corazón de fuerza**

2 F= Sujetadores y bases de cinta

#### **III. Agitador**

3 G = Brazos

*Sistema de descarga:*

3 H= Dispositivo de ascenso y descenso para sistema de descarga

3 I = Accionamiento del dispositivo de ascenso y descenso

**IV. Cercha**

4 J = Estructura y bases

**V. Bandeja de secado**

5 K = Tina

**VI. Compuerta**

6 M = Compuerta de limpieza

**VII. Campana**

7 L = Bases para campana

**VIII. Puerta manual de descarga**

8 N = Puerta manual de descarga

**IX. Sistema de transmisión y potencia**

9 O = Bases control tracción

9 P = Piñones

9 Q = Poleas y bandas

9 R = Ejes

9 S = Cuña

9 T =Prisionero

9 U = Rodamientos

9 V = Motor

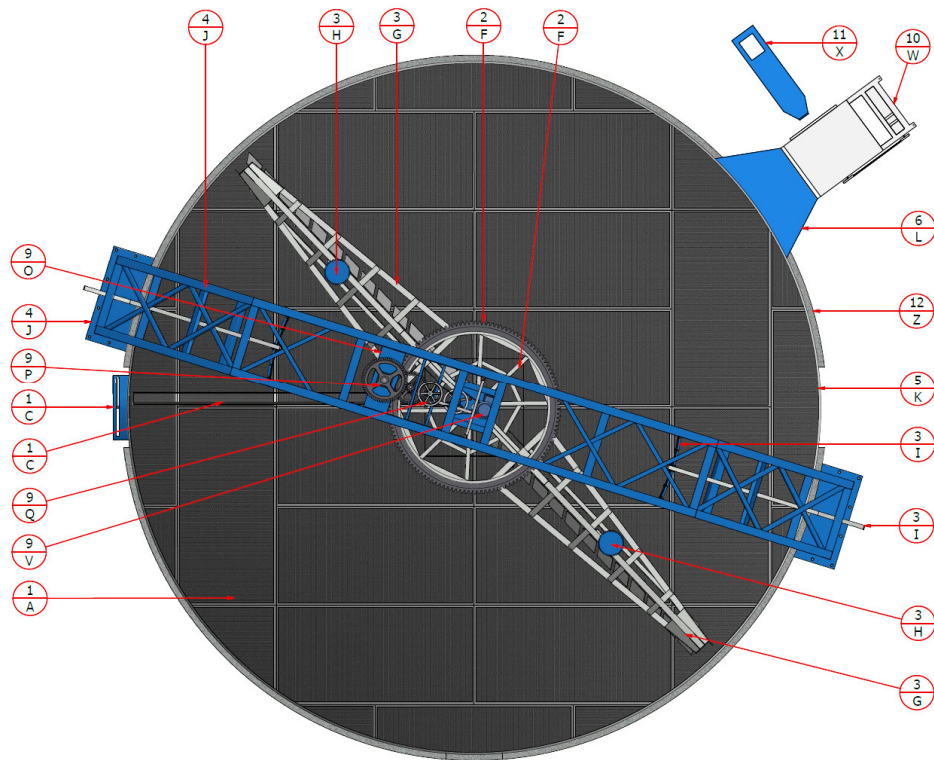
**X. Turbina**

**XI. Quemador (GAS GLP / DIESEL)**



## XII. Base hormigón

Figura 1 Partes de la secadora homogénea circular



**Fuente:** Elaboración propia

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se muestran todas las especificaciones técnicas que constituyen la secadora circular que se muestra en la figura 1.

## 2 Especificaciones técnicas y tolerancias

La secadora homogénea circular objeto de la investigación realizada es de fácil operación para la carga y descarga de cacao en grano, y está equipada con todos los elementos de seguridad industrial para la prevención de los riesgos.

La secadora circular homogénea sólo se puede usar dentro de los límites de especificaciones y tolerancias, a continuación, se detalla las especificaciones técnicas y tolerancias de medidas en una secadora circular de diámetro 6,60 metros

**Tabla 1 Especificaciones técnicas del área cama de la secadora**

SISTEMA	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO	
CAMA	Parte principal	Plataforma	38	U.	Tubo cuadrado Galv (25x25x2.0) mm SHS / ASTM A-513
		Bases	8	U.	Tubo redondo Galv (Ø25 x 2)mm / ASTM A-513
		Superficie	10	U.	Malla ace. Galv. 1,4 mm perf. 5 mm (1 x 2)m
		Anillo cama	4	U.	Platina 25 x 6 mm / ASTM A-36
		Puerta limpieza interna	1	U.	Tubos galv 25x25x2 y malla
		Brida	0,09	U.	Barra de acero øext. 4 " x øint. 3 " AISI 1018
	Base central de eje	Marco central	1	U.	Angulo L 2 x 2 x 1/4; /AISC
		Recubrimiento canal	0,5	U.	Tool Galvanizado 1/16" ASTM 653 CS
		Parrilla	0,5	U.	Tubo cuadrado (50x50x2.0) mm SHS / ASTM A-513
		Enlaces internos	0,5	U.	Tubo cuadrado (25x25x2.0) mm SHS / ASTM A-513
		Brida para ruliman	6%	U.	Tool Ace. Carbono 10 mm ASTM A-36
		Pista	1	U.	Ruliman conico 30214 NTN
	Puerta de descarga	Marco	2	U.	Tubo cuadrado (25x25x2.0) mm SHS / ASTM A-513
		Escuadra y curvo con canal	10%	U.	Tool Ace. Carbono 6 mm ASTM A-36
		Bocin eje descarga	0,67	m	Barra de acero ø 1.1/4 " AISI 1018
		Eje de descarga	0,62	m	Barra de acero ø 1.1/4 " AISI 1018
		Palanca de descarga	1,30	m	Barra de acero ø 1.1/4 " AISI 1018
		Bocin T	0,06	cm	Barra de acero ø 2 " AISI 1018
		Forro exterior palanca	0,5	U.	Tool Ace. Carbono 2 mm ASTM A-36
		Soporte forro	3	m	Angulo L 1.1/4 x 3/16 AISC
		Manilla	0,04	cm	Barra acero inoxidable 304° Ø1"
	Recubrimiento interno descarga	Marco	3	U.	Angulo L 1.1/4 x 3/16 AISC
		Tejido	3	U.	Tubo cuadrado Galv. (25x25x2.0) mm SHS / ASTM A-513
		Recubrimiento superficie	2	U.	Tool Galvanizado 1/16" ASTM 653 CS
	Tolva tránsito	Tolva	2	U.	Tool Ace. Carbono 2 mm ASTM A-36
		Puerta interior	1	U.	Platina 4 x 1/4" / ASTM A-36
		Accionamiento	8	U.	Bisagras 3 cuerpos 5/8
		Accionamiento	1	U.	Varilla lisa Ø 1/2"
		Bases fijacion tolva	0,17	1m	Tubo cuadrado (50x50x2.0) mm SHS / ASTM A-513
		Bases anclaje	0,05	30cm	Platina 2 x 1/4" / ASTM A-36
Recubrimiento lateral interno		1	U.	Tool Ace. Carbono 2 mm ASTM A-36	
Recubrimiento lateral superior		2	U.	Malla ace. Galv. 1,4 mm perf. 5 mm (1 x 2)m	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2 Especificaciones técnicas del brazo mecánico**

SISTEMA	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO	
Caja de arrastre y bases cinta hierro fundido	Sujecion cuerpos	1	U.	Angulo L 2 x 2 x 1/4; /AISC	
	Marco superior	2	U.	Tubo cuadrado 75x75x3.0 /ASTM A-513	
	Marco brazos	2	U.	Angulo L 3 x 3 x 1/4; /AISC	
	Enlaces internos	5	U.	Tubo cuadrado 50x50x3.0 / ASTM A-513	
	Anillo cinta				
	Cinta H/F	1	U.	Piñon Ø1300 mm / 117 dientes	
	Eje central	0,27	m.	Barra de acero ø 3 " AISI 1018	
	Brida	0,09	U.	Barra de acero øext. 4 " x øint. 3 " AISI 1018	
	Pernos	35	U.	P. 5/8" x 2. 1/2" G8 UNC - SAE J429H	
	Tuerca	35	U.	P. 5/8" G8 UNC - ISO 898-11	
	Pernos	5	U.	P. 1/2" x 2" G8 UNC - SAE J429H	
	Tuerca	5	U.	P. 1/2" G8 UNC - ISO 898-11	
	Pernos	24	U.	P. 1/2" x 1. 1/4" G8 UNC - SAE J429H	
	Tuerca	24	U.	P. 1/2" G8 UNC - ISO 898-11	
BRAZOS : AGITADOR	Parte principal	Enlaces internos/externos	8	U.	Tubo cuadrado 75x75x3.0 / ASTM A-513
		Enlaces internos marco corazon	1	U.	Tubo cuadrado 50x50x3.0 / ASTM A-513
		Placas de refuerzo en punta y marco fuerza	1	U.	Tool Ace. Carbono 4 mm ASTM A-36
		Rastras	5	U.	Platina 4 x 3/8 / ASTM A-36
		Enlaces de rastras	4	U.	Platina 2 x 1/4 / ASTM A-36
		Paletas	0,5	U.	Tool Ace. Carbono 4 mm ASTM A-36
	Bases fijacion tornillo "Ascenso y descenso"	Bases tornillo	0,17	m.	Platina 3 x 3/8 / ASTM A-36
		Ronsador	3	U.	Platina 4 x 1/4 / ASTM A-36
		Ronsador	3	U.	Platina 2. 1/2 x 1/4 / ASTM A-36
		Refuerzo ronsador	2	U.	Tubo rectangular 50x25x2.0 / ASTM A-513
		Pernos ronsador	8	U.	P. 3/8" x 1" G8 UNC - SAE J429H
		Tuerca ronsador	8	U.	P. 3/8" G8 UNC - ISO 898-11
		Tornillo ascenso y descenso	2	U.	Tornillos Ø1.1/2 x 1,40 m L con tuerca
		Chumacera Piso	2	U.	Chumacera 1.1/2"; UCP 208
		Bases chumacera	0,08	50 cm	Platina 3 x 1/4 / ASTM A-36
		Pernos chumacera	4	U.	P. 1/2" x 1.1/2" G8 UNC - SAE J429H
		Tuerca chumacera	4	U.	P. 1/2" G8 UNC - ISO 898-11
		Arandela chumacera	8	U.	Anillo plano 1/2"
		Catalina ascenso y descenso	2	U.	Catalina Ø28 cm x 50 dientes
		Bocin guia tornillo	0,01	2 de 3 cm	Barra de acero ø 1. 3/4 mm x 3 cm h
	Tuerca tornillo	0,02	2 de 6 cm	Barra de acero ø 2. 1/2 mm x 6 cm h	
	Fijacion	10	U.	Prisionero 3/8 x 1/2	
	Accionamiento sistema de ascenso y descenso	Bases para caucho	2,50	m	Platina 4 x 1/4 / ASTM A-36
		Bases Bocin	0,33	m.	Angulo L 2 x 2 x 3/16; /AISC
		Sistema ascenso	0,33	m.	Varilla Ace. Inox. Ø 5/8 AISI °304
		Bocin ascenso	0,07	cm.	Barra de acero ø 28 mm AISI °304
		Palanca accionamiento	2	U.	Tubo cuadrado 50x50x3.0 / ASTM A-513
		Refuerzo platina	0,4	2,4 m	Tubo rectangular 50x25x2.0 / ASTM A-513
		Platina de sujecion	0,10	62cm	Platina 2 x 1/4 / ASTM A-36
		Lona	2,40	m	Lona lisa 10 cm ancho
		Ajuste de lona	1,00	U.	Platina 3/4 x 1/8 / ASTM A-36
		Pernos base caucho	20	U.	P. 1/4" x 1,1/2" G8 UNC - SAE J429H
		Tuerca base caucho	20	U.	P. 1/4" G8 UNC - ISO 898-11
Pernos platina sujecion		6	U.	P. 3/8" x 3" G8 UNC - SAE J429H	
Tuerca platina sujecion		6	U.	P. 3/8" G8 UNC - ISO 898-11	
Bisagra palanca	2	U.	Bisagras 3 cuerpos 5/8		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3 Especificaciones técnicas de la cercha, bandejas, puertas, bases, sistema de transmisión y potencia**

SISTEMA	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO	
CERCHA	Chasis	Marco laterales	6	U.	Tubo cuadrado <b>75x75x3.0</b> / ASTM 1163 - C350L0 SHS
		Enlaces internos	4	U.	Tubo cuadrado <b>50x50x2.0</b> / ASTM 1163 - C350L0 SHS
		Bases cercha laterales	1,5	U.	Tubo cuadrado <b>75x75x3.0</b> / ASTM 1163 - C350L0 SHS
		Enlaces bases interno	2	U.	Tubo cuadrado <b>50x50x2.0</b> / ASTM 1163 - C350L0 SHS
		Superficie de bases conexión	0,5	U.	Tool Ace. Carbono <b>6 mm</b> ASTM A-36
		Sujecion superficie	14	U.	Pernos expansión 3/4x4
		Enlace central eje	0,5	U.	Tubo cuadrado <b>75x75x3.0</b> / ASTM 1163 - C350L0 SHS
		Bases chumacera central	10%	U.	Tool Ace. Carbono 10 mm ASTM A-36
		Chumacera pared eje central	1,00	U.	Chumacera 3"; UCF 215
		Pernos sujecion chumacera	4,00	U.	P. 5/8" x 2" G8 UNC - SAE J429H
		Tuercas sujecion chumacera	4,00	U.	P. 5/8" G8 UNC - ISO 898-11
Arandela chumacera	8	U.	Anillo plano 5/8"		
Bandeja	Recubrimiento	9	U.	Tool ace inox. 1,5 mm espesor ( <b>304°</b> )	
	Anillo Marco de fuerza	3,5	U.	Tubo ace inox. cuadrado <b>25x25x1.5</b> / JIS - 304°	
	Perno acero inoxidable	80	U.	P. 3/8x1" UNC -SAE 304 18/8	
	Tuerca acero inoxidable	80	U.	P. 3/8" UNC -SAE 304 18/8	
Puerta de limpieza	Marco	1	U.	Platina <b>25 x 6 mm</b> / ASTM A-36	
	Pernos	8	U.	P. 3/8" x 1" G8 UNC - SAE J429H	
	Tuerca mariposa	8	U.	T 3/8" UNC - acero galv.	
Bases campana	Cuerpo	1,5	U.	Tool Ace. Carbono <b>2 mm</b> ASTM A-36	
	Brida	1	U.	Angulo L <b>1.1/4 x 3/16</b> AISC	
	Brida	1	U.	Platina <b>1. 1/2 x 3/16</b> ASTM A-36	
Puerta manual descarga	Cuerpo	1	U.	Tool Ace. Carbono <b>2 mm</b> ASTM A-36	
	Estructura	1	U.	Tubo cuadrado ( <b>25x25x2.0</b> ) mm SHS / ASTM A-513	
	Deslizamiento guias	0,5	U.	Platina <b>1. 1/4 x 1/4</b> / ASTM A-36	
	Deslizamiento guias	1	U.	Platina <b>1 x 1/4</b> / ASTM A-36	
Sistema de transmisión y potencia	Bases control traccion	Paredes bases	1	U.	Tool Ace. Carbono <b>6 mm</b> ASTM A-36
		Bases chumacera	1	U.	Canal U 100 x 50 x 6 ASTM A -36
		Bases motor	1	U.	Angulo L <b>1.1/4 x 3/16</b> AISC
		Bases poleas	1	U.	Angulo L <b>1.1/2 x 3/16</b> AISC
	Piñones	Corona grande	1	U.	Piñon H/F 60 dientes
		Transmisión corona grande	2	U.	Piñon H/F 11 dientes
		Piñon acero	2	U.	Piñon P 60 de 54 dientes
		Piñon acero	2	U.	Piñon P 60 de 13 dientes
	Poleas	Transmisión	2	U.	Polea alum. 12 x 2 canales en V
		Transmisión	1	U.	Polea alum. 3. x 2 canales en V
	Cadena	Cadena	1	Juego	Cadena P 60
	Bandas	Banda	2	U.	Banda B-50
		Banda	2	U.	Banda B-55
	Ejes	Caja transmisión	0,12	cm	Barra de acero $\varnothing$ 2 " AISI 1018
		Caja transmisión	0,20	cm	Barra de acero $\varnothing$ 1.1/2 " AISI 1018
	Cuña	Seguro	0,03	cm	Cuña de 12 mm
		Seguro	0,07	cm	Cuña de 8 mm
	Prisionero	Pernos	8	U.	P. 5/8" x 2" G8 UNC - SAE J429H
		Tuerca	8	U.	P. 5/8" G8 UNC - ISO 898-11
		Arandela	8	U.	Anillo plano 5/8"
		Pernos	12	U.	P. 1/2" x 2" G8 UNC - SAE J429H
		Tuerca	12	U.	P. 1/2" G8 UNC - ISO 898-11
		Arandela	12	U.	Anillo plano 1/2"
		Pernos	4	U.	P. 3/8" x 1. 1/2" G8 UNC - SAE J429H
		Tuerca	4	U.	P. 3/8" G8 UNC - ISO 898-11
		Arandela	4	U.	Anillo plano 3/8"
		Prisionero	16	U.	Prisionero 3/8 x 3/4
Rodamiento Chumacera	Chumacera Pared	2	U.	Chumacera 2"; UCF 213- 40	
	Chumacera Piso	1	U.	Chumacera 2"; UCP 213	
	Chumacera Piso	6	U.	Chumacera 1.1/2"; UCP 208	
Motor	Transmisión	1	U.	Motor 5 HP Trifasico 1750 RPM	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4 Especificaciones técnicas de la turbina y quemadores**

SISTEMA	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	MATERIAL / MODELO	
Turbina	Secadora	1	U.	Secadora/ventilador 20 HP	
	Motor	1	U.	Motor 20 HP Trifásico 1750 RPM	
	Polea	2	U.	Polea hierro fundido 1" x 2 canales V	
	Banda	3	U.	Bandas 102	
	Pernos	8	U.	P. 1/2" x 2" G8 UNC - SAE J429H	
	Tuerca	8	U.	P. 1/2" G8 UNC - ISO 898-11	
	Arandela	4	U.	Anillo plano 1/2"	
	Perno anclaje	4	U.	P. 3/4 X 4	
	Polea	1	U.	Polea hierro fundido 9" x 3 canales V	
	Bases	0,5	U.	Tubo cuadrado <b>100x100x3.0</b> / ASTM 1163 - C350L0 SHS	
Bases	1	U.	Tubo cuadrado <b>50x50x2.0</b> / ASTM 1163 - C350L0 SHS		
Quemador "GAS"	Sistema mecánico	Cajon	1,5	U.	Tool Ace. Carbono <b>2 mm</b> ASTM A-36
		Bridas	1	U.	Angulo L <b>1.1/4 x 3/16</b> AISC
		Tapas y disco	0,5	U.	Tool Ace. Carbono <b>3 mm</b> ASTM A-36
		Quemadores	0,17	m.	Cañería Galv. ( <b>Ø1.1/2 x 3</b> )mm / ASTM A-123
		Ciclores	4	U.	P. 1/2" x 1" G8 UNC - SAE J429H
		Ciclores	4	U.	P. 1/2" G8 UNC - ISO 898-11
		Multiple	7	U.	Codos 1/2 Galvanizado
		Multiple	4	U.	Neplos 4" x 1/2 Galvanizado
		Multiple	4	U.	Uniones 1/2 Galvanizado
		Multiple	1	U.	Union universal 1/2 Galvanizado
		Multiple	1	U.	Neplos 18" x 1/2 Galvanizado
		Regulador de gas	1	U.	Llave red White
		Distribucion de gas	2	U.	Espigas 1/2" a 3/8"
		Perno - tapa	10	U.	P. 5/16" x 1" G8 UNC - SAE J429H
		Tuerca - tapa	10	U.	P. 5/16" G8 UNC - ISO 898-11
	Tubo rolado - rompe llamas Ø4"x16 cm	0,13	U.	Tool acero inoxidable 1/16" AISI 304	
	Sistema eléctrico	Partes/accesorios eléctrico	1	U.	Boton / Pulsador Verde
		Partes/accesorios eléctrico	1	U.	Luz Piloto
		Partes/accesorios eléctrico	1	U.	Bobina chispa
		Partes/accesorios eléctrico	1	Par.	Electrodo chispa
		Partes/accesorios eléctrico	1	U.	Contactador LS 110 / 220 V
		Partes/accesorios eléctrico	1	U.	Valvula Selenoide
		Partes/accesorios eléctrico	1	U.	Breakers 15 AMP. General electric
		Partes/accesorios eléctrico	0,17	m.	Cable Bujia
		Partes/accesorios eléctrico	0,50	m.	Cable flex N°16
		Partes/accesorios eléctrico	8	U.	Terminales pequeños
		Partes/accesorios eléctrico	6	U.	Terminales mediano
		Partes/accesorios eléctrico	2	U.	Terminales para bujia
		Partes/accesorios eléctrico	0,67	m.	Cable concentrico N° 14 x2
		Partes/accesorios eléctrico	1	U.	Enchufe 110 V cooper
Partes/accesorios eléctrico		0,02	cm.	Regleta para contactor	
Pernos	10	U.	P. ACE. INOX. M6 x 25 mm UNC - ALLEN 304		
Tuerca	10	U.	T. ACE. INOX. M6 UNC - ALLEN		

**Fuente:** Elaboración propia

### 3 Seguridad industrial

La secadora industrial circular se ha diseñado y fabricado por el tesista con todos los parámetros de seguridad industrial basados a la normativa técnica reconocida. El funcionamiento incorrecto por desconocer las instrucciones puede causar riesgos laborales.

## Normativa general

1. Únicamente personal capacitado puede realizar tareas de operación y mantenimiento de esta máquina y siempre cumpliendo las advertencias del mismo, y cumpliendo las disposiciones del manual de usuario. Cuando la esté usando mantenga a los niños y a otro personal (no calificado) alejado de la secadora circular y otros accesorios complementarios del mismo
2. Queda prohibido modificar todos los equipos y accesorios compuestos por la secadora circular sin previa autorización
3. El sistema de control eléctrico y control de salida no se pueden configurar con otros ajustes que no sean los de fábrica
4. Como complemento del manual de instrucciones se tienen que cumplir con la normativa del **decreto ejecutivo 2393** «reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo». Aquí se incluyen, por ejemplo, la normativa sobre el uso de equipos de protección personal
5. Para versiones de secadoras con sistema de calor a gas GLP se tienen que cumplir con la norma técnica Ecuatoriana **NTE INEN 2 260**, «Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial requisitos»
6. Esta máquina se debe instalar de tal forma que haya suficiente espacio de servicio para poder dar instrucciones de forma segura y/o realizar tareas de mantenimiento y/o inspección
7. Mantenga el entorno de trabajo limpio y bien iluminado. Un entorno de trabajo desordenado y con poca luz puede provocar accidentes

8. Mantenga esta máquina (secadora circular o accesorios complementarios) alejado de la lluvia. Si no se puede evitar el uso del sistema en un espacio húmedo, tiene que usar un contacto de tierra
9. Mantenga las manos, el pelo, ropa y joyas sueltas alejadas de la turbina de secado. Lleve ropa apropiada que no tenga partes sueltas. Lleve zapatos de trabajo con suela antideslizante
10. Siempre que la secadora industrial circular esté en funcionamiento, no se puede retirar ninguna conexión o sistema de seguridad. Utilice el equipo exclusivamente si todas las medidas de protección y sistemas de seguridad están instaladas y activadas
11. No se acueste o se arrime sobre la campana de transmisión de calor mientras esté en funcionamiento el sistema de calor
12. No desplace nunca las partes o elementos de la máquina si los cables de corriente están todavía conectados (para el quemador o partes móviles)
13. La persona capacitada para la operación de la máquina debe traer puesta todos los equipos de protección personal (EPPs) durante su funcionamiento
14. Informe al respecto a los operarios antes de empezar con la realización de las tareas de mantenimiento antes de inspeccionar o realizar tareas de mantenimiento en la secadora circular, cerrar el paso del sistema de gas, cortar el sistema eléctrico de la red, apagando y bloqueando el interruptor principal. Si hay que realizar tareas con el equipo encendido, cuente siempre con una persona que pueda accionar la parada de emergencia
15. Hay que cumplir con los plazos de controles y mantenimiento periódicos estipulados o indicados en el manual de instrucciones

16. Las empresas y el personal que realice instalaciones de gas, deben estar calificados de acuerdo con la NTE INEN 2333
17. Si una pieza de la máquina estuviera dañada o no funcionara de la forma indicada, hay que interrumpir inmediatamente el trabajo. Se puede volver a trabajar, cuando se haya reparado la pieza o se haya sustituido y controlado. Consulte con el fabricante, si la máquina no funciona como debería.

#### **4 Recomendaciones de funcionamiento de la secadora circular**

A continuación se detalla las recomendaciones para la revisión por seguridad y buen funcionamiento de la secadora circular objeto de la investigación antes de poner en marcha:

##### **a) Turbina**

- Asegúrese que el paso del aire de la turbina hacia el intercambiador de calor no esté obstruido
- Verifique si la turbina empieza a producir vibraciones fuera de lo considerado
- Si ocurre alguna variación comuníquese de inmediato
- Verificar que los rodamientos “chumaceras” estén debidamente engrasados
- Verificar que no contenga elementos cortantes o residuos en el interior de la banda

##### **b) Quemador**

- Asegúrese que la caja eléctrica la palanca ON/OFF se encuentre en la posición “OFF”
- Verificar que la llave de paso de gas este cerrado



- Verificar que no esté obstruida la zona de combustión interna y externa
- Verificar que los quemadores (secadoras a gas GLP) conserven su distancia con respecto a la turbina, chequear el flujo de llama

**c) Bandeja de secado**

- Antes de cargar el producto en la bandeja de la secadora verificar que las puertas de descarga estén previamente cerradas
- Al cargar la secadora debe tener en cuenta que el producto (cacao en grano) sea distribuido en toda el área de la bandeja

**d) Caja de transmisión y potencia**

- Revisar el nivel de grasa en los rodamientos (chumaceras)
- Verificar que el sistema de transmisión como cintas y piñones de hierro fundido estén libres de obstrucciones
- Tener precaución de que no caiga grano a la cinta

A continuación se detalla los pasos a seguir durante el funcionamiento de la secadora circular objeto de la investigación:

1. Encender el agitador y dejarlo en movimiento todo el tiempo necesario para iniciar la acción del sistema de llenado gradual. Al cargar la secadora debe tener en cuenta que el producto caiga en el centro, esto se realizará con la máquina en movimiento; pero no con el ventilador ni el quemador encendido y con las cuchillas en accenso para accionarlas tienen que subir la palanca que está por el lado de la descarga, el operador tiene que accionar la palanca cuando las cuchillas de descarga lleguen a su lugar.
2. La secadora circular presenta un sistema de llenado gradual mediante un dispositivo de ascenso y descenso para sistema de descarga y el accionamiento del dispositivo de ascenso y descenso, entonces accionamos

neumáticamente mediante una palanca en posición contraria a la descarga, la cual conecta a la catalina con la platina curva porta caucho, generando el movimiento para el ascenso de arrasador en el tornillo principal. Por la acción de la rotación de los brazos de la máquina, la catalina fraccionará en el caucho generando el movimiento necesario para que ascienda el arrasador en intervalos hasta el llenar la maquina en su capacidad máxima.

Tener en cuenta que la cuchilla se encuentre muy cerca de la superficie del producto, el operador tiene que accionar la palanca cuando las cuchillas de descarga lleguen a su lugar.

3. Una vez alcanzado el nivel requerido en la capacidad de la secadora, el operador desconectara el dispositivo de ascenso y descenso para sistema de descarga.
4. Encendido de la turbina para oxigenar el producto a secar en el tanque, luego procedemos a encender el quemador; encendiendo el quemador graduamos la potencia del mismo a la temperatura °C requerida y temporizamos el quemador. Luego de reducir el porcentaje de humedad del producto mediante los pasos anteriores citados, procedemos a pagar el quemador, cerrando las válvulas y des energizar la turbina para continuar con la descarga del producto.
5. Para descargar el producto accionamos la palanca neumáticamente, situado en el exterior del tanque para abrir la compuerta de descarga y la puerta interna de la tolva de tránsito, esto descenderá por gravedad hasta la tolva permitiendo el flujo constante del producto hasta su embazado.  
Luego se debe proceder a la acción del sistema de descarga gradual, accionada neumáticamente mediante una palanca en posición contraria a la descarga, la cual conecta a la catalina con la platina curva porta caucho, generando el movimiento para el descenso de arrasador en el tornillo principal. Por la acción de la rotación de los brazos de la máquina, la catalina traccionará en el caucho generando el movimiento necesario para que

descienda el arransador en intervalos hasta desevacuar el producto en el interior del tanque de secado/remoción.

6. Una vez descargado el producto procedemos a la limpieza de toda la máquina para iniciar el proceso de secado repitiendo los mismos pasos anteriores.

## **5 Cronograma de mantenimiento**

En la tabla 5 se detalla un cronograma de mantenimiento recomendado para la secadora circular propuesta en esta tesis de investigación.

**Tabla 5 Cronograma de mantenimiento de la secadora circular**

<b>Procedimiento</b>	<b>Diario</b>	<b>Semanal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Trimestral</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
<b><u>Sistema de mezclado y bandeja de secado</u></b>						
✓ Revisión de motor reductor y aceite de la caja reductora				X		
✓ Templar cadena				X		
✓ Revisión de cadena de supe para ajuste de desgaste natural de piñón de hierro fundido				X		
✓ Revisión y engrasar chumaceras del sistema de transmisión		X				
✓ Revisión del piñón principal con el piñón motriz, si hay desgaste, alinear y colocación de supe para ajuste del engranaje			X			
✓ Revisión de cuña en el eje principal, si hay fuga cambiar cuñas nuevas para ajuste.					X	
✓ Revisión de ruliman inferior en recamara que centra todo el sistema			X*			
✓ Revisión de rulimanes centrales de corazón			X*			
✓ Revisión de paletas de descarga y tornillos de descarga, si hay desgaste o inclinación no adecuada corregir. Si el tronillo presenta desgaste corregir, si la banda que acciona tornillo esta desgastada cambiarla		X				
✓ Revisión del nivel de la cama y si hay abertura de presión de aire caliente		X				
✓ Revisión uniones de las camas		X				
✓ Limpieza recamara de secado			X			
✓ Revisión de la compuerta de descarga y tolva de recepción interna de las secadoras		X				
<b><u>Turbina y quemador:</u></b>						
✓ Revisión de la turbina, si presenta vibración anormal, desarme de rodete y balancearlo, también cambiar de rulimanes del eje principal, si presente otro daño cambiar piezas completamente			X			
✓ Verificar tensión de alineación de bandas			X			
✓ Se sugiere que los rulimanes se engrasen cada 2 secadas / 2 procesos o cada 10 horas de trabajo				X		
✓ Revisar estructuras del sistema de transmisión y ventilación					X	
✓ Revisión y limpieza de quemador, y reemplazar electrodo de chispa y cable de chipas, junto a un reajuste de cable de contacto electrónico en el quemador					X	
✓ Limpieza de válvula celuloide.					X	
<b><u>Elementos y partes en general:</u></b>						
✓ Revisión de ruidos/vibraciones inusuales	X					
✓ Ajustar o cambiar pernos flojos				X		
✓ Cambio de rodamientos						X
✓ Mantenimiento general de las secadoras						X

**Fuente:** Elaboración propia

### **ANEXO 3: Elaboración del licor de cacao**

Para la determinación de las características sensoriales del cacao ecuatoriano hay que tomar una muestra aleatoria de 1 kilogramo y convertirlo en licor de cacao.

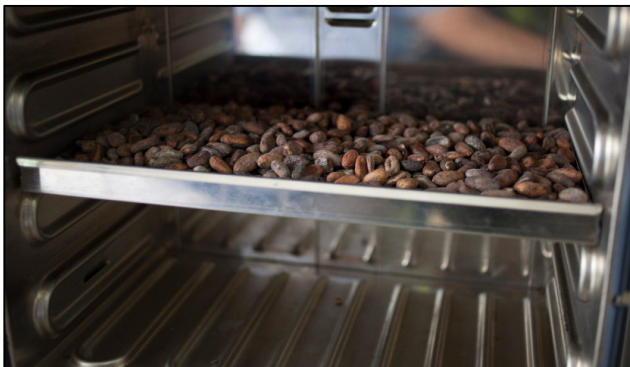
El procedimiento para la elaboración del licor de cacao que a continuación se detalla es proporcionado por la empresa Nestlé Ecuador, es usado en la actualidad por su panel sensorial para la evaluación de las características sensoriales del cacao ecuatoriano.

#### **a) Tostado**

El tostado consiste principalmente en la disminución de la humedad del cacao en grano, así como el desarrollo de los precursores del sabor generados durante la fermentación.

En función de la cantidad de licor requerida, se parte de una muestra de cacao en grano entre 500 y 1000 gramos. Se coloca la muestra en la bandeja metálica de la estufa Memmert y se inicia el tostado por 30 minutos a una temperatura entre 125 y 135 °C. Una vez finalizado el tostado, se deja enfriar a temperatura ambiente.

**Figura 1 Estufa Memmert para tostar cacao en grano**



**Fuente:** Elaboración propia

## **b) Triturado**

El cacao en grano tostado se coloca en la tolva de alimentación de la rompedora Limprimita, se enciende el equipo de tal manera que al producirse la rotación del anillo central se produce la partición del grano hasta su transformación en nibs. Esta operación se realiza dos veces.

**Figura 2 Equipo triturador de cacao en grano**



**Fuente:** Elaboración propia

## **c) Tamizado**

Se procede tamizar la muestra proveniente de la rompedora con un tamiz número 14.

## **d) Descascarado**

Consiste en la separación entre la cascarilla y el nib usando la descascaradora, la cual funciona con ventilación, de tal manera que la separación se realiza por diferencia de peso.

### **e) Molienda**

Para obtener el licor de cacao es necesario realizar la molienda del nib. El calor generado en esta etapa favorece a la fundición de la masa de tal manera que el producto final es de consistencia líquida. Se puede realizar en los siguientes equipos:

#### **f) Molino IKA M20**

El licor es producido mediante el giro de las aspas del molino a altas revoluciones (20000 rpm). Se coloca aproximadamente 100 gramos de nib en el vaso de molienda y previo al encendido del equipo, se debe asegurar que circule agua por la camisa de enfriamiento. El tiempo de operación puede variar entre 10 y 15 minutos en función de las características de la muestra de cacao.

#### **g) Molino Retsch PM 100**

La operación de este molino consiste en el uso de una jarra de molienda en la que se colocan 160 gramos de nib pre triturado (Magic Bullet) y 12 bolas de óxido de zirconio (20 mm de diámetro). El movimiento del vaso de molienda, en conjunto con las bolas, produce la reducción del tamaño de partícula del nib hasta obtener un licor de cacao fluido.

La operación del molino de bolas consta de dos programas preestablecidos:

- 600 rpm por 3 minutos.
- 450 rpm por 19 minutos en la que se produce una inversión de giro de la jarra de molienda cada 3 minutos.
- Finalmente, la muestra de licor está lista para que sus atributos sensoriales sean evaluados.

**Figura 3 Licor de cacao**



**Fuente:** Elaboración propia