



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

**ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DEL SECADO DE CACAO NACIONAL
ECUATORIANO Y MEJORADO CCN-51.**

Proyecto de Titulación presentando previo a la obtención del título de ingeniero
electromecánico

Autores:

Chiguano Cuchiparte Willian Patricio

Chimarro Tatillo Luis Virgilio

Tutor:

PhD. Ing. Torres Tamayo Enrique

LATACUNGA - ECUADOR

2022 – 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **LUIS VIRGILIO CHIMARRO TUTILLO** y **WILLIAN PATRICIO CHIGUANO CUCHIPARTE** declaro ser autor (a) del presente proyecto de investigación: **ANALISIS DE CINETICA DE SECADO DE CACAO NACIONAL ECUATORIANO Y CCN-51**, siendo él **PhD. ING ENRIQUE TORRES TAMAYO** tutor (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Luis Virgilio Chimarro Tutillo
C.C.:172799682-7

.....
Willian Patricio Chiguano Cuchiparte
C.C.: 050373053-3

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Análisis de cinética de secado de cacao Nacional Ecuatoriano y CCN-51”, de LUIS VIRGILIO CHIMARRO TUTILLO y WILLIAN PATRICIO CHIGUANO CUCHIPARTE, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero del 2023

El Tutor

Firma:.....

Nombre: PhD. ING Enrique Torres Tamayo

C.C.: 175712194-0

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: LUIS VIRGILIO CHIMARRO TUTILLO Y WILLIAN PATRICIO CHIGUANO CUCHIPARTE, con el título de Proyecto de titulación: Análisis de cinética de secado de cacao nacional ecuatoriano y CCN-51 han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero del 2023

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Nombre: ING. MAURO DARÍO ALBARRACÍN ÁLVAREZ

CC: 050311373-0

Lector 2

Nombre: PhD. ING. HÉCTOR LUIS LAURENCIO ALFONSO

CC: 175836725-2

Lector 3

Nombre: M.Sc. ING. CRISTIAN FABIÁN GALLARDO MOLINA

CC: 050284769-2

AGRADECIMIENTO

A la universidad técnica de Cotopaxi y a sus catedráticos quienes impartieron conocimientos en las aulas y mostraron sus valores permitiendo así una formación integral tanto académica como ética por eso gracias, maestros.

Al PhD. Enrique Torres Tamayo quien en calidad de tutor del presente proyecto brindo apoyo incondicionalmente quien brindo conocimiento técnico e importante al momento de compartir sus conocimientos y el apoyo en donde mostro el mayor interés y oportuno para la culminación de la investigación.

A mis amigos y familiares importantes en mi vida como también, como también no serlo en esta una de mis etapas, la de estudiante y ahora la de un profesional muchas gracias por estar siempre allí en el momento y tiempo en donde más se requería su presencia.

Luis Chimarro

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

Le agradezco muy profundamente a mi tutor al PhD. Enrique Torres Tamayo por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional

Willian Chiguano

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre y a mi padre quienes confiaron en mí de forma incondicional y de manera muy perspicaz y sabia, quienes supieron aconsejarme en busca de un mejor futuro para mí, dedicó a ellos mi esperanza, mi vida, mi alegría, mi vida y la culminación de este trabajo y lo que representa al ser ellos un pilar fundamental para que este logro se haya hecho realidad.

A los maestros quienes supieron impartir sus conocimientos de manera clara y concisa los cuales fueron de gran ayuda para la culminación de este proyecto.

A todos aquellos que son movidos por un gran amor a la vida a superarse por sí mismos y están convencidos de que se puede formar un mundo mejor, es posible ayudar si se tiene los conocimientos.

A todos ustedes dedico el producto de mie esfuerzo.

Luis Chimarro

Dedicatoria

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres Amador y Lucinda quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Luis, Kevin, Pima, Cinthya, Katy, María y Emily por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amigas, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias hermanitas, siempre las llevo en mi corazón.

Willian Chiguano

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	I
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE TABLAS	XI
INDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
AVAL DE TRADUCCIÓN	XVI
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. El problema.....	2
1.1.1. Situación del problema.....	2
1.1.2. Formulación del problema	3
1.2. Beneficiarios.....	3
1.3. Justificación	3
1.4. Hipótesis	3
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. Generales.....	3
1.5.2. Específicos	3
1.5.3. Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Tipos de cacao.	6
2.2.1. Cacao Nacional.....	6
2.2.2. Cacao Mejorado CCN - 51	7
2.3. Marco referencial.....	7
2.3.1. Proceso del cacao	7
2.3.2. Cosecha	8
2.3.3. Selección de mazorca	8
2.3.4. Apertura de la mazorca.....	9
2.3.5. Proceso de fermentación	9
2.4. Métodos de fermentación.	10

2.4.1.	Fermentación en sacos.....	10
2.4.2.	Fermentación en montones.....	11
2.4.3.	Fermentación en cajas de madera.....	11
2.4.4.	Fermentación barcazas o carros rodantes.....	12
2.4.5.	Remoción de masa de cacao.....	12
2.5.	Secado de cacao.....	13
2.6.1.	Secado natural del cacao	14
2.6.2.	Secado del cacao mejorado	14
2.6.3.	Secado al sol.....	15
2.6.4.	Secado a la sombra	15
2.6.5.	Secado Rohan.....	16
2.6.6.	Secado estrella.....	16
2.6.7.	Secadero tipo elba	17
2.6.8.	Secado en pisos de cemento	17
2.6.9.	Secado en marquesina y túneles de secado	18
2.6.10.	Secado artificial	19
2.6.11.	Secadores en túneles	20
2.6.12.	Secador rotatorio.....	20
2.6.13.	Secadoras de cascada.....	21
2.6.14.	Secadores intermitentes	22
2.6.15.	Secado con la ayuda de energía solar	23
2.6.16.	Secado Artificial Gas licuado de petróleo (GLP)	23
3.	METODOLOGÍA	24
3.1.	Materiales y métodos.....	24
3.1.1.	Deshidratador de granos de 30°C a 90°C.....	24
3.1.2.	Medidor de humedad.....	25
3.1.3.	Balanza de precisión.....	26
3.1.4.	Modelos matemáticos.....	27
3.2.	Memoria de calculo	29
3.2.1.	Características de secado de cacao.....	29
3.3.	Condiciones para realizar pruebas experimentales.....	29
3.4.	Propiedades del grano de cacao.....	29
3.5.	Determinar el volumen de cacao por cada muestra.	30
3.5.1.	Cálculo de masa de agua	30
3.5.2.	Cálculo de porcentaje de agua restante para lograr la masa seca.....	31

3.5.3.	Cálculo de masa seca.....	31
3.5.4.	Cálculo de porcentaje de humedad:.....	31
3.6.	Cálculo de modelo experimental	32
3.6.1.	Modelo de ajuste de humedad	32
3.6.2.	Cálculo del error	33
3.6.3.	Suma de cuadrados del error	33
3.6.4.	Suma de cuadrados totales	33
3.7.	Bondad de ajuste de R cuadrado.....	34
3.8.	Análisis y discusión de los resultados	35
3.8.1.	Resultados de secado de cacao Nacional	35
3.8.2.	Resultados de secado de cacao Mejorado CNN-51.	40
3.8.3.	Grafica de ajuste de curvas utilizando el modelo de page para el Cacao Nacional Ecuatoriano.	45
3.8.4.	Grafica de ajuste de curvas utilizando el modelo de page para el Cacao Mejorado CNN-51.	45
3.8.5.	Resumen de los coeficientes K y N utilizando el modelo de Page.	48
3.9.	Costos de implementación.....	49
3.9.1.	Presupuestos	49
3.9.2.	Costos directos	49
3.9.3.	Costos Indirectos	49
3.9.4.	Gastos generales.....	50
4.	COCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
4.1.	Conclusiones.....	50
4.2.	Recomendaciones	51
6.	BIBLIOGRAFIA.....	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Objetivos de sistemas de tareas.....	4
Tabla 2.	Proceso de fermentación	10
Tabla 3.	Medidor de tipos de granos.....	26
Tabla 4.	Modelo matemático que se utilizó para el ajuste de cinética del secado.	28
Tabla 5.	Parámetros a evaluar al realizar la practica.....	29
Tabla 6.	Parámetros K y N para ajuste de modelo de page.....	48
Tabla 7.	Costos directos de cinética del cacao.....	49
Tabla 8.	Costos indirectos de cinética del cacao.....	50
Tabla 9.	Presupuesto general	50
Tabla 10.	Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 40°C	58
Tabla 11.	Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 45°C	59
Tabla 12.	Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 50°C	61
Tabla 13.	Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 55°C	62
Tabla 14.	Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 60°C	64
Tabla 15.	Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 65°C	65
Tabla 16.	Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 70°C	66
Tabla 17.	Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 75°C	67
Tabla 18.	Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 80°C	68
Tabla 19.	Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 40°C	69
Tabla 20.	Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 45°C	70
Tabla 21.	Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 50°C	72
Tabla 22.	Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 55°C	73
Tabla 23.	Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 60°C	75
Tabla 24.	Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 65°C	76
Tabla 25.	Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 70°C	77
Tabla 26.	Datos de secado de cacao mejorado CNN-51 a 75°C	78
Tabla 27.	Datos de secado de cacao mejorado CNN-51 a 80°C	79

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i>	Ubicación del proyecto.....	5
<i>Figura 2.</i>	Cosecha del cacao [8].....	8
<i>Figura 3.</i>	Selección de la mazorca.	9
<i>Figura 4.</i>	Apertura de la mazorca.	9
<i>Figura 5.</i>	Proceso de fermentación.	10
<i>Figura 6.</i>	Fermentación sacos [12].....	11
<i>Figura 7.</i>	Fermentación en montones [13].	11
<i>Figura 8.</i>	Fermentación en cajas.	12
<i>Figura 9.</i>	Fermentación barcazas [15].	12
<i>Figura 10.</i>	Remoción de masa de cacao.	13
<i>Figura 11.</i>	Secado del cacao [17].	14
<i>Figura 12.</i>	Secado natural del cacao [18].....	14
<i>Figura 13.</i>	Secado al sol del cacao [20].....	15
<i>Figura 14.</i>	Secado a la sombra del cacao.....	16
<i>Figura 15.</i>	Secado Rohan del cacao.....	16
<i>Figura 16.</i>	Secado estrella del cacao.....	17
<i>Figura 17.</i>	Secadora tipo elba.....	17
<i>Figura 18.</i>	Secado en piso de cemento del cacao	18
<i>Figura 19.</i>	Secado en marquesina y tunes de secado de cacao.	19
<i>Figura 20.</i>	Secado artificial del cacao [21]	20
<i>Figura 21.</i>	Secadores en túneles	20
<i>Figura 22.</i>	Secador rotatorio [22].	21
<i>Figura 23.</i>	Secadoras de cascada	22
<i>Figura 24.</i>	Secadores intermitentes [23].	23
<i>Figura 25.</i>	Secado con la ayuda de energía solar [24].	23
<i>Figura 26.</i>	Secado artificial gas licuado de petróleo (GPL) [25].	24
<i>Figura 27.</i>	Deshidratador de granos de 30°C a 90°C.....	25
<i>Figura 28.</i>	Medidor de humedad.....	26
<i>Figura 29.</i>	Balanza de precisión	27
<i>Figura 30.</i>	Grafica de secado de cacao Nacional a 40°C % de humedad VS Tiempo	36
<i>Figura 31.</i>	Grafica curva de secado de cacao Nacional a 45°C % de humedad VS tiempo	36
<i>Figura 32.</i>	Grafica curva secado de cacao Nacional a 50°C % de humedad VS tiempo	37
<i>Figura 33.</i>	Grafica curva secado de cacao Nacional a 55°C % de humedad VS tiempo	37
<i>Figura 34.</i>	Grafica curva secado de cacao Nacional a 60°C % de humedad VS tiempo	38

<i>Figura 35.</i>	Grafica curva secado de cacao <i>Nacional</i> a 65°C % de humedad VS tiempo	38
<i>Figura 36.</i>	Grafica curva secado de cacao <i>Nacional</i> a 70°C % de humedad VS tiempo	39
<i>Figura 37.</i>	Grafica curva secado de cacao <i>Nacional</i> a 75°C % de humedad VS tiempo	39
<i>Figura 38.</i>	Grafica curva secado de cacao <i>Nacional</i> a 80°C % de humedad VS tiempo	40
<i>Figura 39.</i>	Grafica de secado de cacao Mejorado a 40°C % de humedad VS Tiempo	41
<i>Figura 40.</i>	Grafica de secado de cacao Mejorado a 45°C % de humedad VS Tiempo	41
<i>Figura 41.</i>	Grafica de secado de cacao Mejorado a 50°C % de humedad VS Tiempo	42
<i>Figura 42.</i>	Grafica de secado de cacao Mejorado a 55°C % de humedad VS Tiempo	42
<i>Figura 43.</i>	Grafica de secado de cacao Mejorado a 60°C % de humedad VS Tiempo	43
<i>Figura 44.</i>	Grafica de secado de cacao Mejorado a 65°C % de humedad VS Tiempo	43
<i>Figura 45.</i>	Grafica de secado de cacao Mejorado a 70°C % de humedad VS Tiempo	44
<i>Figura 46.</i>	Grafica de secado de cacao Mejorado a 75°C % de humedad VS Tiempo	44
<i>Figura 47.</i>	Grafica de secado de cacao Mejorado a 80°C % de humedad VS Tiempo	45
<i>Figura 48.</i>	Ajuste de curva de cinética de secado de cacao nacional.....	46
<i>Figura 49.</i>	Ajuste de curva de cinética de secado de cacao mejorado CNN-51	47

RESUMEN

Debido a las imprecisiones en el procedimiento de la cinética del secado de cacao nacional y CCN-51 que limita el análisis de los modelos de comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo y la temperatura y así ayudar a controlar los efectos dentro de la calidad de los granos de cacao, se hace un análisis de la cinética del secado del cacao Nacional Ecuatoriano y Mejorado CCN-51. Para realizar el proceso, se utilizaron los siguientes equipos: un deshidratador de granos con capacidad de 15 kg, con el cual se realizaron pruebas de secado desde una temperatura de 40°C hasta 80°C, un medidor de humedad en granos el cual indica la humedad desde 1% hasta 40% el cual indicará el porcentaje de humedad final e inicial de los granos, una balanza de precisión digital con medición de 0.01g hasta 600g en la cual se realizaron las mediciones de peso por cada muestra en los nueve regímenes de temperatura desde 40°C hasta 80°C con un total de 10 muestras y un total de 15 granos del cacao. Los valores de los coeficientes K y N, que establecen el ajuste de la cantidad de humedad libre en el tiempo con el contenido de humedad inicial como estado de referencia se obtuvieron para regímenes de entre 40 °C y 80 °C. Para un régimen de temperatura en el secado de 65 °C, el valor de $K=0,003165182$ y $N=0,99267424$ con un coeficiente de correlación de 0,97198 que valida la bondad del ajuste.

Palabras clave: Cacao, Cinética de secado, Tiempo, Humedad, Peso

ABSTRACT

Due to the inaccuracies in the procedure of the drying kinetics of national cocoa and CCN-51 that limits the analysis of the behavior models of the moisture content as a function of time and temperature and thus help to control the effects within the quality of cocoa beans, an analysis of the drying kinetics of Ecuadorian National and Improved cocoa CCN-51 is made. To carry out this process, the following devices were used: a grain dehydrator with a capacity of 15 kg, with which drying tests were carried out from a temperature from 40°C to 80°C; a grain moisture meter which indicates moisture from 1% to 40%, the same one that indicates the final and initial moisture percentage of the grains; A digital precision scale with measurement from 0.01g to 600g, in which weight measurements will be achieved for each sample in the nine temperature regimes from 40°C to 80°C, with a total of 10 samples and a total of 15 cocoa beans. The values of the coefficients K and N, which strengthen the adjustment of the amount of free moisture in time with the initial moisture content as the reference state, will be acquired for regulations between 40 °C and 80 °C. For a drying temperature regime of 65 °C, the value of K is equivalent to 0.003165182 and N is 0.99267424, with a connection coefficient of 0.97198, which will validate the goodness of fit.

Keywords: Cocoa, Drying Kinetics, Time, Moisture, Weight.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DEL SECADO DE CACAO NACIONAL ECUATORIANO Y MEJORADO CCN-51.”** presentado por: **Luis Virgilio Chimarro Tutillo** y **Willian Patricio Chiguano Cuchiparte** egresados de la Carrera de: Ingeniería Electromecánica, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo del 2023

Atentamente,

Msc. Vladimir Sandoval V

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI:050210421-9

INFORMACIÓN GENERAL

Título: ‘Análisis de la cinética del secado de cacao Nacional Ecuatoriano y mejorado CCN-51’

Fecha de inicio: 15/10/2022

Fecha de finalización: 09/02/2023

Lugar de ejecución:

Región: Sierra

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Facultad que auspicia: Ciencias de la ingeniería y aplicadas

Carera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Equipo de trabajo: Chiguano Cuchiparte Willian Patricio

Chimarro Tutillo Luis Virgilio

PhD Ing. Torres Tamayo Enrique

Área de conocimiento: 07 Ingeniería; Industrial y construcción/ 071 Ingeniería y profesiones Afines / 0713 Electricidad y energía.

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la carrera: Energética en sistemas electromecánico y uso de fuentes renovables de energía.

1. INTRODUCCIÓN

El cacao ha sido considerado uno de los grandes productos de exportación del Ecuador el cual cuenta con dos variedades las cuales son Nacional Ecuatoriano y CCN-51 el cual indica que es de la colección Castro Naranjal y de la variedad 51 la cual se obtiene por la injertación de semillas. Son los productos que aportan mayor impacto significativo y es la principal fuente económica de los exportadores de cacao a nivel nacional y del mundo. La fermentación se produce cuando los azúcares y los almidones se descomponen en ácidos o alcohol, esta es una etapa clave en la producción de muchos tipos de alimentos y bebidas incluido el café, alcohol y el cacao sin la fermentación las propiedades en cuanto a aromas y sabor serían de muy baja calidad y no serviría para la producción de chocolate.

El cacao se seca en cajas en forma de camas, tarimas o patios. Según ICCO (La Organización Internacional del cacao), la etapa de secado comienza cuando termina la etapa de fermentación en donde el porcentaje de humedad inicial está entre los 40% y 60% este nivel de humedad debe ser llevado hasta un 7% de humedad en base a la NTE INEN 176, requisitos del cacao para el procesamiento de alimentos derivados del cacao como chocolates, productos cosméticos y farmacéuticos. Al igual que con el café, es importante realizar la correspondiente remoción periódicamente durante el proceso de secado.

1.1.El problema

La problemática es el desconocimiento de las curvas de cinética de secado en función del tiempo debido a las condiciones climatológicas.

1.1.1. Situación del problema

En el Ecuador existen dos tipos fundamentales de cacao que son el nacional y mejorado CCN-51, un conflicto en la variedad para el óptimo nivel de secado, la velocidad y temperatura de secado son esenciales y de gran importancia para mantener activas las reacciones de oxidación de alcoholes y la de otros compuestos producidos.

Tomando como ejemplo, los productores de cacao buscan soluciones con la implementación de secadores artesanales y así solventar los problemas que mantienen en el mercado cacaotero, pero de alguna manera son costosos ya que al momento de utilizar dichos secadores tienen el problema de no saber cuál es el tiempo de secado en base a la temperatura utilizada y esto afecta de manera financiera.

1.1.2. Formulación del problema

Imprecisión en el procedimiento de la cinética del secado de cacao nacional y CCN-51 que limita el análisis de los modelos de comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo y la temperatura y así ayudar a controlar los efectos dentro de la calidad de los granos de cacao.

1.2. Beneficiarios

Se estima que los beneficiarios serán los agricultores del sector cacaotero en las variedades de cacao Nacional Ecuatoriano y CCN-51 el cual mantiene dificultades al momento de secar el cacao de manera eficiente. La cinética de secado establece un margen de calor y tiempo para el secado del grano, tomando en cuenta que esto ayudara a reducir tanto el tiempo de secado manteniendo la calidad del grano, casi de la misma manera como se haría el secado artesanal.

1.3. Justificación

Se planteo realizar el proceso de secado por que se requiere encontrar el nivel adecuado de secado del cacao Nacional Ecuatoriano y Mejorado CCN-51 y así ayudar en la reducción de tiempo en base a la temperatura utilizada la cual se estima ejecutar desde perspectivas ingeniosas aplicadas a conocimientos electromecánicos como parte de la investigación y eficiencia energética.

1.4. Hipótesis

Es posible establecer los modelos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano y Mejorado CCN-51 mediante el análisis del contenido de humedad final en función del tiempo y la temperatura del proceso de secado en régimen controlado.

1.5. Objetivos

1.5.1. Generales

Establecer los modelos de cinética de secado del cacao mejorado y nacional mediante el análisis del contenido de humedad final en función del tiempo y la temperatura del proceso de secado en régimen controlado.

1.5.2. Específicos

- Investigar los fundamentos teóricos relacionados con el proceso de secado del cacao los cuales servirán de base para el desarrollo del presente proyecto.

- Establecer la metodología que permita el desarrollo de la cinética de secado de cacao en función del contenido de humedad y el tiempo.
- Realizar el análisis de resultados de la cinética de secado de cacao nacional y mejorado mediante un diseño de experimentos y el control del régimen de temperatura y tiempo.

1.5.3. Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

Tabla 1. Objetivos de sistemas de tareas

Objetivo	Tareas por cumplir	Medios de verificación
Investigar los fundamentos teóricos relacionados con el proceso de secado del cacao los cuales servirán de base para el desarrollo del presente proyecto.	Investigar fuentes bibliográficas y materiales a ocupar para el análisis del secado de cacao Nacional Ecuatoriano y CCN-51.	Investigación y documentación teórica.
	Identificar los distintos tipos de materiales, herramientas y equipos que sean indispensables para la realización del proyecto.	Investigación y documentación teórica.
Establecer la metodología que permita el desarrollo de la cinética de secado de cacao en función del contenido de humedad y el tiempo.	Adquirir los materiales y el equipo adecuado al momento de realizar las pruebas de cinética de secado de cacao.	Facturas, fotografías
	Realizar los procesos de secado a distintas temperaturas.	Experimental, fotografías.
	Realizar varias pruebas para obtener el secado final.	Tablas de datos.
	Verificar el producto a las condiciones forzadas.	

Realizar el análisis de resultados de la cinética de secado de cacao nacional y mejorado mediante un diseño de experimentos y el control del régimen de temperatura y tiempo.	Verificar valores obtenidos en prueba experimental.	Tablas de datos en software Excel.
	Verificar contenidos de humedad por prueba individual en tiempo y temperatura.	Tablas de datos resumidas en software Excel.
	Análisis de temperaturas y tiempos de secado.	Gráficas y tablas en software Excel.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes

Ubicación: El proyecto se desarrollará en el domicilio del Sr. Luis Virgilio Chimarro Tutillo ubicado en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Eloy Alfaro, barrio cuatro esquinas como se presenta en la **Figura N°1**.

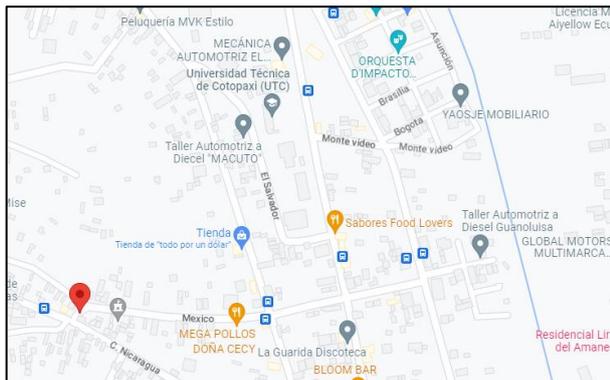


Figura 1. Ubicación del proyecto

Historia: El cacao es una fruta tropical, cultivada principalmente en las zonas costeras y la Amazonía. Es una planta con pequeñas flores que se ven en las ramas y produce una mazorca que contiene las semillas cubiertas de pulpa rica en azúcar. La producción de cacao se encuentra mayoritariamente en las provincias de los ríos y Manabí. [1].

Durante muchos años, México y Centroamérica han sido considerados zonas de domesticación de este producto, donde se han encontrado evidencias de su uso hace más de cuatro mil años.

Sin embargo, hoy en día hay estudios que indican que al menos una variedad de cacao de gran sabor proviene de la región amazónica de Ecuador [2].

Según los expertos, el gres, los platos y otras formas marcan elementos simbólicos en sus culturas, que se ofrecen como alimento para el más allá [3].

Esta evidencia en la Amazonía ecuatoriana, que tiene más de 5.500 años, sugiere que los orígenes del cacao son mucho más antiguos que en Centroamérica (3.500 años), donde pudo haber tenido valor e importancia como producto comercial entre diferentes países, cultura, no solo entre los pueblos presentes sino también entre culturas, ya que en esta zona se han encontrado caparzones vertebrales, evidencia de intercambio con pueblos de la costa ecuatoriana [4].

Este alimento viaja a lo largo de la costa del Ecuador, prueba de ello son los restos de este producto en la concha conocida como espondilos. Asimismo, se han encontrado rastros de ellos en las estribaciones occidentales de los Andes.

Este producto también se desplazó a Centroamérica y el sur de México. Las civilizaciones azteca y maya lo utilizaron como bebida sagrada y moneda. Ha estado y está en Colombia, Perú, Venezuela, Brasil, Guayanas y Trinidad.

En 1636, el cacao se menciona por primera vez en español en el libro La verdadera historia de la Nueva España. Esta obra describe el encuentro del emperador Moctezuma (1502-1520). En 1528, el chocolate llega a España con las herramientas de producción. Después de eso, el chocolate se convirtió en un plato "exclusivo" de las familias reales europeas [5].

2.2. Tipos de cacao.

Los tipos de cacao que vamos a realizar los estudios son los siguientes:

- Cacao Nacional
- Cacao mejorado CCN - 51

2.2.1. Cacao Nacional

La producción de cacao en Ecuador es un producto básico muy importante, que genera importantes ingresos económicos y crea puestos de trabajo para miles de personas. El cacao local, también conocido como “arriba”, es producido por pequeños agricultores que comercian con intermediarios, práctica común en este país y en la provincia de Los Ríos, que concentra el 63% de la producción de cacao. Los arqueólogos han encontrado evidencia de que la

domesticación del cacao en Ecuador se remota de al menos 5.300 años, y Nacional cacao rastrea su flujo genético a partir de estos árboles.

Gracias a las condiciones geográficas del Ecuador y la riqueza de recursos biológicos, el fruto del cacao cultivado en esta región es famoso por su rico y aromático sabor. El cacao con un aroma sutil define la riqueza de sabores, que incluyen notas afrutadas, florales, herbales y amaderadas, así como sabores de chocolate ricos y bien equilibrados.

El cacao Fino Aroma Nacional es famoso por su sabor agrio y dulce, delicados aromas tostados, frutales y florales. Por eso, nuestro chocolate tiene multitud de sabores y una profunda experiencia sensorial [6].

2.2.2. Cacao Mejorado CCN - 51

CCN-51 es una variedad resistente a enfermedades y de alto rendimiento que se cultiva para la producción comercial de chocolate. Muchos cultivadores en áreas afectadas por la escoba de bruja confían en estas propiedades para asegurar su operación estable. Pero algunos expertos de la industria temen que prevalezca la producción de un solo tipo.

El dominio de CCN-51 afecta a la industria del cacao, por qué algunos fabricantes de chocolate se oponen a su producción y qué esfuerzos se están realizando para proteger la biodiversidad del cacao.

Hoy en día, muchos productos comerciales a base de chocolate contienen CCN-51 en diversos grados. informe USDA. (USDA, abreviado en inglés) de 2015 dijo que el 36% de la producción de cacao del país en ese momento era CCN-51 [7].

2.3.Marco referencial

2.3.1. Proceso del cacao

El secado de cacao es una parte para el procesamiento del cacao que eliminara el exceso de humedad de los granos por elevación de temperatura se formar sabor y aroma a chocolate. Final quedan granos de cacao fermentados humedad alrededor del 60%, debe disminuir a un valor cercano al 8% para evitar el crecimiento, descomposición, calidad y fácil mantenimiento, transporte, procesamiento y comercialización de cacao.

2.3.2. Cosecha

Es la recolección de los frutos de cacao que hayan alcanzado su madurez fisiológica, que por lo general se produce después de cinco o seis meses de haber sido fecundadas flores como se muestra en la **Figura 2**.

El grado de maduración de las mazorcas es importante para obtener almendras de calidad, razón por la cual se recomienda cosechar únicamente frutos maduros, las mazorcas sobre maduras originan la germinación de los granos, deteriorando su calidad debido a que la almendra seca facilita la entrada de mohos e insectos a través del orificio dejando por la radícula.

La recolección se realiza con las herramientas adecuadas, como podaderas manuales, tijeras de podar afiladas unidas al brazo de la caña, etc. Después del corte, las vainas se clasifican, separando las buenas de las pequeñas, verdes, demasiado maduras, enfermas, picadas o dañadas por animales que le dan al cacao un sabor amargo o desagradable [8].



Figura 2. Cosecha del cacao [8].

2.3.3. Selección de mazorca

La elección de las mazorcas es una actividad necesaria para asegurar que nuestro cacao cumpla con los estándares de calidad que los mercados exigen.

Se debe seleccionar las mazorcas maduras, ya que las mazorcas de color rojizo pueden no tener suficiente azúcar y humedad en la pulpa para una fermentación satisfactoria. Las mazorcas sobre maduras tienden a secarse y se puede producir el proceso de germinación de las semillas dentro de los mismos frutos como se muestra en la **Figura 3** [9].



Figura 3. Selección de la mazorca.

2.3.4. Apertura de la mazorca

La calidad estará definida en forma en que se abran las mazorcas, lo cual debe hacerse sin dañar las semillas con cortes o aplastamientos y que al momento de separar las cáscaras de las almendras este queden limpias sin la placenta o trozos de cáscara, pues éstos afectan la fermentación y la calidad.

Los métodos de apertura manual de las mazorcas pueden ser: con machete pequeño, garrotes, cuchilla, contra una piedra o un trozo de madera fijo. Por otra el lugar de la apertura también juega un papel importante ya que, si se hace sobre el suelo, aunque ponga hojas de alguna musáceas el material se contamina con tierra, basura, perjudicando la fermentación como se muestra en la **Figura 4** [10].



Figura 4. Apertura de la mazorca.

2.3.5. Proceso de fermentación

Este es uno de los procesos que mayor impacto tiene en la calidad de los granos, ya que es en este proceso donde se obtiene el sabor y aroma característico del cacao. La fermentación debe realizarse en cajas de madera con orificios para el lavado de mucosidad, almacenadas en el interior y protegidas de fuertes vientos y animales. En general, el proceso de fermentación dura

de cinco a seis días desde la masa hasta el segundo, cuarto y quinto día para oxidar la masa y homogenizar el proceso de fermentación como se muestra en la **tabla 2**.

En el proceso, la temperatura aumenta, se libera el embrión muerto y el predecesor del aroma y el aroma de las semillas. Cuando se complete la fermentación, los granos se hincharán y la piel se oscurecerá. Las semillas nunca deben lavarse antes de la fermentación o fermentación excesiva, ya que esto puede hacer que las semillas se pudran, lo que resulta en acidez y sabores que son difíciles de eliminar en el proceso industrial [11].

Tabla 2. Proceso de fermentación

Tiempo de fermentación del cacao	
Cacao nacional	5 a 6 días
Cacao mejorado CCN-51	5 a 6 días



Figura 5. Proceso de fermentación.

2.4. Métodos de fermentación.

2.4.1. Fermentación en sacos

Este proceso consta de hacer un corte el cacao húmedo cuando es depositado en fundas plásticas y apilados, tapándolo con lona por fuera para dejarlos allí por un lapso de 6 a 8 días, cambiándolos de lugar, esta fermentación no es muy recomendada ya que genera una fermentación láctica y butírica y gran parte de los granos no sufren una fermentación adecuada, se hallan muchos granos violetas como se muestra en la **Figura 6** [12].



Figura 6. Fermentación sacos [12]

2.4.2. Fermentación en montones

Esta es la forma más tradicional y económica, consiste en hacer la base con palitos de las fincas que se usan como base, colocar hojas de plátano, enrollarlos y espolvorear cacao húmedo por encima y cubrir muchas hojas, luego tapar y cubra con una bolsa o lona, este tipo de lona es altamente desaconsejado ya que interfiere con el intercambio de oxígeno con el interior como se muestra en la **Figura 7** [13].



Figura 7. Fermentación en montones [13].

2.4.3. Fermentación en cajas de madera

Esto es lo más recomendado ya que en realidad mantiene el aislamiento permitiendo que la temperatura aumente en equilibrio. Es importante que las cajas tengan orificios en el fondo para dejar salir los jugos y también controlar la eliminación posterior al agua cada 48 horas. De acuerdo con este procedimiento, retire la primera vez después de 48 horas (2 días), deseche la segunda vez después de 96 horas (4 días) y deje secar después de 144 horas (6 días), se recomienda forrar las cajas con hojas de plátano, hojas de plátano, etc. o con sacos de yute para mayor concentración de calor como se muestra en la **Figura 8** [14].



Figura 8. Fermentación en cajas.

2.4.4. Fermentación barcazas o carros rodantes

Este es uno de los métodos más antiguos utilizados por nuestros agricultores y se sigue utilizando en la actualidad; consiste en una cuerda que corre a lo largo de la pista para secarse o colocarse bajo un dosel permanente. Tradicionalmente, se ubicaba debajo de un granero o casa de campo como se muestra en la **Figura 9** [15].



Figura 9. Fermentación barcazas [15].

2.4.5. Remoción de masa de cacao

Permite la homogeneización, aireación y elevación de la temperatura del fermentador. es necesario trabajarlos lentamente, con un instrumento sin filo que puede dañar las almendras. La herramienta más adecuada es una pala de madera. Se recomienda el primer volteo después de 36 horas, luego cada 24 horas. Al girar entre partículas, se logra el proceso de fermentación homogénea para garantizar que el producto tenga el aroma, el color y el sabor del chocolate, porque en este estado, la formación de predecesores de esas características contribuye como se muestra en la **Figura 10**.

Pero lo importante de esta labor es que se realice, pues de no hacerlo provocara una fermentación inadecuada y un cacao de sabor y aroma desagradable [16].



Figura 10. Remoción de masa de cacao.

2.5.Secado de cacao

Esta es la etapa que completa la fermentación, ya que un secado adecuado permite que se desarrollen los precursores de sabor y aroma. La tarea principal es eliminar la humedad de las almendras hasta un 7% para garantizar buenas condiciones de almacenamiento.

Es importante que se seque el cacao en cemento o entablonados, marquesinas, pisos de bambú; 5 a 7 cm, removiendo cada 2-3 horas con una cuchara de madera. Las condiciones de secado más favorables las proporciona el calor solar, que es una fuente económica y adecuada en caso de secado artificial, asegurarse de que la temperatura no supere los 60°C como se muestra en la **Figura 11.**

Los granos de cacao tienen la capacidad de absorber olores extraños debido a su alto contenido de grasa, por lo que se recomienda que la secadora esté libre de contaminantes externos como automotores, industriales, estiércol, desechos de cultivos, etc.; Además, es esencial que la línea de secado se limpie en todo momento para eliminar los contaminantes residuales en cada lote de secado [17].



Figura 11. Secado del cacao [17].

2.6. Tipos de secado de cacao.

2.6.1. Secado natural del cacao

El proceso de secado natural del cacao, llamado secado al sol consiste en utilizar el calor que aprovechen los rayos del sol para secar los granos de cacao de forma lenta, paulatina, gracias a este método de secado, las almendras completan bien los cambios biológicos y se vuelven por dentro con buenas propiedades sensoriales. Este método es el más utilizado y confirma la buena calidad del cacao, obtenido de 6 a 8 días soleados. Esto se hace colocando capas finas de cacao sobre un pedestal de madera que no produce sabor ni olor. Ayuda a reducir el sabor amargo y acre del cacao y reduce el riesgo de un olor indeseable en las almendras, asegurando una consistencia uniforme del producto en términos de humedad suave como se muestra en la **Figura 12.**

Este método depende de las condiciones climáticas, se supone que el primer día el secado se establece en las condiciones de luz dadas, se lleva a cabo durante dos o tres horas, separando las almendras una por una, creando una capa de 4-5 cm de espesor, que se agita varias veces, teniendo en cuenta las condiciones climáticas. Esta técnica se puede realizar en tendedores de madera y bambú, tendedores de cemento y materiales refractarios [18].



Figura 12. Secado natural del cacao [18].

2.6.2. Secado del cacao mejorado

El secado del cacao consiste en la manipulación de la humedad a través de la luz solar, denominada secado de forma natural, pero suele haber alternativas, como usar una maquina adecuada para convertir la energía en calorífica para satisfacer. El proceso del secado se llama secado artificial. Los niveles de humedad optima o si la humedad es baja en caréales o

almendras, dejar secar bien al 7% son propensos a agrietarse y pueden reparar fácilmente con moho si hay mucha calidad del cacao [19].

2.6.3. Secado al sol

El secado simple bajo el sol es el método más utilizado de la mayoría de los agricultores, incluye papeles de frutas o en áreas y dejar que los rayos eliminen el agua presente en la fruta es una de las formas más baratas que existen, aunque requiere tiempo y dedicación y está en el poder de las condiciones climáticas porque es los días térmicos ocurren después de días en la nube, estos cambios también se pueden encontrar esas culturas se encuentran en la calle donde los insectos pueden comer fruta como se muestra en la **Figura 13** [20].



Figura 13. Secado al sol del cacao [20].

2.6.4. Secado a la sombra

En regiones con climas secos y vientos fuertes, es posible utilizar con este método, con modificaciones menores, el balcón se puede usar en interiores o almacén de secado de alimentos, aunque este método es lento y puede producir efecto de los hongos en los productos como se muestra en la **Figura 14**.



Figura 14. Secado a la sombra del cacao

2.6.5. Secado Rohan

Este método se puede realizar en camilla o bandeja Rohan, el cacao se extiende y se seca al sol sobre vigas colocadas a una altura de unos 50 cm para que no se vea afectado por la humedad del suelo como se muestra en la **Figura 15**.

El uso de estas bandejas es práctico para pequeños cultivadores, pero también útil para extensiones más grandes.



Figura 15. Secado Rohan del cacao

2.6.6. Secado estrella

Otra forma de secar el cacao al sol en pequeñas plantaciones es utilizar una línea de secado o una estera de bambú que sea aerodinámica para poder envolverlo y extenderlo para su secado o almacenamiento, según el caso como se muestra en la **Figura 16**.

Las operaciones se realizan sobre vigas a una buena altura del suelo.



Figura 16. Secado estrella del cacao

2.6.7. Secadero tipo elba

En el caso de plantaciones relativamente grandes, se recomienda instalar un secadero tipo Elba, compuesto por varios carros móviles de madera o camillas con rieles, cubiertos con un techo fijo o inclinado como se muestra en la **Figura 17**.

Para la comodidad del secado, puede organizar una estructura con una sala de fermentación, que al mismo tiempo es un lugar donde los carros de madera pasan, se levantan o continúan rodando si es necesario bajo el sol o la lluvia.



Figura 17. Secadora tipo elba

2.6.8. Secado en pisos de cemento

Los métodos de secado más comunes son terrazas de cemento, ladrillo o madera o terrazas de cemento o ladrillo con techos rodantes. El cacao obtenido y conocido como cacao "de sol" se seca cuidadosamente en buenas condiciones climáticas (temperatura no superior a 50°C), se mezcla continuamente para obtener una mejor calidad, un aroma y un color más suaves, más bellos, más puros como se muestra en la **Figura 18**.

El procedimiento recomendado para el secado en patios de cemento son los siguientes:

Primer día: exposición al sol durante algunas horas (2 a 4 horas, hasta 4 horas) para evitar que la piel se seque demasiado rápido; Para hacer esto, el cacao se coloca en capas de 8 a 12 cm, si el clima es seco y caluroso, de 5 a 7 cm, si es húmedo y con noches frías. Luego apile y cubra durante la noche o de lo contrario se enfriará y olerá mal.

Segundo día: volver a secar las almendras, ampliar el tiempo de secado a 5-6 horas y reducir el espesor de la capa, sacar los granos con una herramienta de madera (pala, rastrillo) y pasado este tiempo apilarlos. otra vez, cúbrelo de nuevo.

Tercer día: Se proporciona sol todo el día y así hasta que el tiempo sea muy seco, que terminará en 4-6 días dependiendo de las condiciones ambientales.

Durante el proceso de secado en la terraza, se formarán hileras de pequeñas semillas, que luego se deben enderezar y rastrillar regularmente para que las semillas reciban suficiente sol y se sequen de manera uniforme. Además, es necesario eliminar cuerpos extraños, amígdalas jóvenes, adherencias, partículas y núcleos pequeños. En la terraza de cemento con techo abatible, el tratamiento será el mismo que antes. En él, las almendras se pueden resguardar rápidamente de la lluvia enrollando el techo, y las almendras se pueden almacenar sin que se las roben.



Figura 18. Secado en piso de cemento del cacao

2.6.9. Secado en marquesina y túneles de secado

Se ha vuelto popular usar cobertizos o túneles para secar el cacao de forma natural. Son estructuras de madera o metal con un revestimiento especial de plástico o policarbonato que permite el paso de la radiación solar en las zonas de producción donde las lluvias no cesan durante la cosecha del cacao como se muestra en la **Figura 19**.

Muchas veces, el diseño del almacén o túnel de secado no proporciona orificios de ventilación ajustables, lo que provoca que los granos de cacao tengan un olor a humedad característico (este moho, aunque no es visible en este punto, sí lo es, pero puede ocurrir cuando se almacena a temperaturas más bajas). Esto se debe a que toda la humedad extraída del grano queda dentro del secadero o túnel y no hay corrientes de aire para retirarla.

La superficie de secado consta de soportes elevados, generalmente esteras, redes de juncos y, en algunos casos, redes de plástico con orificios de 0,4 x 0,4 cm.

En los marquesinas y túneles es muy importante controlar la ventilación, la temperatura y la humedad relativa, lo que en parte se puede lograr subiendo o bajando las cortinas laterales.



Figura 19. Secado en marquesina y tunes de secado de cacao.

2.6.10. Secado artificial

Este esquema de secado es esencial para reducir el contenido de humedad del cacao en áreas con lluvias frecuentes, durante la temporada de cosecha o en grandes plantaciones donde es difícil secar naturalmente todos los productos. El calor para calentar el aire generalmente proviene del quemador de gas. Para el uso más eficiente del secador artificial, la fuente de calor debe ubicarse lejos de la superficie donde se encuentran las almendras, esto reduce el riesgo de contaminar el cacao con olores extraños, especialmente combustible. Se pueden realizar secados artificiales, utilizados cuando hay lluvias continuas, esto da como resultado la protección de las semillas de la lluvia, que es una de las principales ventajas que se pueden utilizar en todos los períodos de cosecha como se muestra en la **Figura 20**.

Es una alternativa muy importante para el secado del cacao en zonas donde llueve con frecuencia, también se utiliza en periodos o épocas de buena cosecha o en plantaciones de gran producción. Estos son secadores mecánicos que funcionan haciendo pasar aire caliente y seco a través de la masa de cacao, en los secadores Samoa las fuentes de calor deben mantenerse alejadas para no dañar el cacao fresco, seco o fermentado. Una secadora Samoa es básicamente un tubo de metal que contiene una fuente de calor, ya sea madera, gas, carbón, diésel o electricidad. Sobre el tubo, coloque un aparejo perforado a aproximadamente 1,20 m del tubo 22, donde se colocan las semillas, luego cubra con el techo para que el aire seco caliente alrededor del tubo aumente la temperatura y seque las semillas sin secarse. riesgo de contaminación de semillas [21].



Figura 20. Secado artificial del cacao [21]

2.6.11. Secadores en túneles

Este tipo de secador está diseñado para sujetar bandejas o montacargas. El producto se coloca en bandejas en movimiento continuo a través del túnel de aire caliente, este flujo de aire puede ser cruzado o contraflujo y, a su vez, la combinación de dos como se muestra en la **Figura 21**.

La característica del secador de túnel continuo es la alimentación y extracción de semillas. Incluye mover bandejas dentro o fuera de la cámara de secado, y en caso por cinta transportadora, su proceso es recorrer toda la zona en forma vertical Secadora.



Figura 21. Secadores en túneles

2.6.12. Secador rotatorio

El secador rotatorio es un tipo de equipo de secado para procesar una gran cantidad de materiales. Tiene las características de rendimiento confiable, alta flexibilidad operativa, fuerte adaptabilidad, alta eficiencia de procesamiento, fuerte adaptabilidad del material, secado de varios materiales. Es ampliamente utilizado en las industrias de materiales de construcción,

metalurgia, química, cemento para secar escoria de cal, carbón fino, escoria, arcilla y otros materiales.

El secado de tipo rotatorio se conforma principalmente de un cuerpo giratorio, un dispositivo elevador, un actuador, un soporte y un anillo de sellado. El secador es un cilindro, ligeramente inclinado en dirección horizontal como se muestra en la **Figura 22**.

El material se agrega desde el extremo superior, la fuente de calor es alta y el material fluye hacia el cilindro paralelo o aguas arriba. A medida que gira el cilindro, el material fluye hacia el extremo inferior. La mesa elevadora en la pared interior del cilindro sube y baja el material, lo que aumenta el área de contacto entre el material y el flujo de aire, aumenta la velocidad de secado y promueve el movimiento del material. El producto seco sale del secadero al final [22].



Figura 22. Secador rotatorio [22].

2.6.13. Secadoras de cascada

Está formado por planos inclinados a lo largo de los cuales cae el grano, a lo largo de los planos hay amortiguadores por los que se escapa el aire caliente, lo que también contribuye a la eliminación de impurezas; Se utiliza principalmente para secar grano muy fino como se muestra en la **Figura 23**.



Figura 23. Secadoras de cascada

2.6.14. Secadores intermitentes

La gama de secadores SSI es el concepto más avanzado semillas secas del mercado. Las palabras fácil operación y bajo consumo de energía para un mejor control precisamente durante el proceso de secado, reducir el riesgo de pérdida o quemadura del producto. su estructura todo metal, revestido de chapa Galvanizado, garantizado seguridad y durabilidad del dispositivo.

Funciona a través de un sistema de secado intermitente donde somete la semilla al efecto del calor en torre de secado intervalos regulares permitir entre estas distancias homogeneización de semillas como se muestra en la **Figura 23**.

Para lograr una buena calidad requieren un secado adecuado, operación de secado además de la opción temperatura del aire adecuada seco, varía según el tipo de semillas, enviar semillas trabaja. nivel de temperatura máximo secado e hidratación el factor decisivo es la semilla para identificar mi línea de productos tiempo requerido para recibir humedad deseada [23].



Figura 24. Secadores intermitentes [23].

2.6.15. Secado con la ayuda de energía solar

Consiste en eliminar humedad adquirida en la etapa de lavado, la humedad inicial varía de 48 a 56% y se busca reducirla al rango de 10 a 12% es la operación que consiste en secar el café despulpado para transformarlo en café pergamino.

El proceso de secado se realiza para evitar la germinación de la semilla, reducir el contenido de humedad hasta un nivel adecuado para inhibir la formación de hongos y para prevenir daños a la apariencia externa y composición química de la fruta.

El grano de café es una semilla viva y se debe evitar que muera, porque al morir se inician cambios en su composición química que afecta las cualidades del producto, organolépticas, tales como aroma, sabor, acidez, cuerpo, etc. El grano puede conservarse vivo hasta por seis años dependiendo del cuidado; un grano vivo tiene color blanco o amarillo y se vuelve esponjoso. La muerte del grano de café se puede dar por golpes, quebraduras, fermentación inadecuada o por exposición a temperaturas elevadas como se muestra en la **Figura 24**.

El indicador que influye negativamente en la calidad del café almacenado es la humedad, pues los granos húmedos constituyen el medio ideal para el desarrollo de organismos que provocan cambios y deterioros en el producto final [24].



Figura 25. Secado con la ayuda de energía solar [24].

2.6.16. Secado Artificial Gas licuado de petróleo (GLP)

El secador artificial es aquellos que usan el combustible que surge del aceite (GLP) la idea de crear una secadora que genera la necesidad de reducir las grandes áreas que ocupan la secadora naturalmente para regresar al muy pequeño lugar. A su vez, ayuda a secar el producto, debe

tener este método si la temperatura es alta, el producto corre el riesgo de perder la naturaleza para reducir la calidad del producto como se muestra en la **Figura 26**.

Este proceso se debe principalmente a la transferencia de temperatura forzada a la carga forzada porque consiste en un ventilador que conduce a una atmósfera que pasa a través del refrigerante, lo que aumenta la temperatura de la habitación y el cacao en la parte superior de la habitación. El secado estará en las escaleras perforadas, donde se distribuirá el aire caliente responsable de realizar la función de secado [25].



Figura 26. Secado artificial gas licuado de petróleo (GPL) [25].

3. METODOLOGÍA

3.1. Materiales y métodos

Los materiales que se utilizara en la práctica son de primera estancia la materia prima que es el cacao Nacional Como el cacao mejorado CCN-51, tomado en cuenta las características requeridas para realizar las pruebas correspondientes, se utilizaran herramientas de deshidratación o generación de calor para mantener una temperatura controlada para cada prueba, por cada prueba a diferente temperatura se realizara un pesaje por medio de una balanza de precisión tomando valores de 10 muestras por cada tipo de cacao, a continuación se detalla las herramientas utilizadas en la práctica y sus especificaciones técnicas tomando en cuenta la capacidad requerida para realizar de manera más eficiente las pruebas de secado.

3.1.1. Deshidratador de granos de 30°C a 90°C

Bandeja de secado de 12 bandejas este deshidratador de alimentos comercial tiene un espacio de secado de 12 bandejas, puedes secar varios alimentos de arriba y abajo como hierbas, carnes, frutas, semillas de cacao, etc.

El funcionamiento del panel inteligente led puedes ajustar el tiempo del deshidratador para alimentos de 0 a 24 horas (30 minutos como incremento). El ajuste de temperatura de 30°C – 90°C según el tipo de alimento desea deshidratar. La máquina se controla a través de un panel digital, equipada con temporizador de temperatura y hora, más dígitos y practico.

El sistema de calefacción es eficiente, las resistencias de calefacción ubicadas en la parte posterior transportan uniformemente el aire caliente a la placa del secado de acero inoxidable por un ventilador de alto rendimiento para un secado eficiente.

La estructura del deshidratador es resistente fabricado en material de acero inoxidable además de contar con una ventana de vidrio resistente al calor para ver el proceso de secado mientras este dentro del horno además de ser sencillo de manipular limpiar y mantiene una calidad considerablemente alta.



Figura 27. Deshidratador de granos de 30°C a 90°C

3.1.2. Medidor de humedad

Medidor de humedad de grano digital, sensor de humedad portátil de sonda larga para medir el contenido de humedad del arroz y el trigo en 20 categorías de humedad de grano., harina de semilla de algodón, soja, colza, forrajes, cacao, semillas de hortalizas etc. El contenido de humedad tiene un rango de prueba: 3% - 35%, Ambiente de trabajo de 0-40°C, compensación de temperatura automática. La pantalla de conversión de Volumen-Peso, pantalla de peso de muestra, pantalla de temperatura, cálculo de humedad promedio, calibración de 4 puntos, muestra ilimitada (20 variedades consumes se han calibrado), fuente de alimentación de 9V DC y también es portátil.



Figura 28. Medidor de humedad

Tabla 3. Medidor de tipos de granos

Tipo de material	Código de material	Tipo de material	Código de material
Arroz	P1	Residuo de colza	P11
Frijol	P2	Alimento granulado	P12
Trigo	P3	Semilla de girasol	P13
Colza	P4	Semilla de sandia (grande)	P14
Maíz	P5	Semilla de sandia (pequeña)	P15
Cebada	P6	Semilla de rábano	P16
De grano largo no glutinoso arrozal	P7	Sésamo negro	P17
Arroz	P8	Sésamo amarillo	P18
Residuo de frijol	P9	Semilla de algodón	P19
Maní	P10	Residuo de algodón	P20

3.1.3. Balanza de precisión

Permiten una determinación de masa rápida y precisa en el laboratorio y la industria, y la batería integrada le permite trabajar en ubicaciones sin conexión a la red eléctrica, las interfaces permiten la cooperación con dispositivos periféricos.

La operación simple permite mediciones rápidas y confiables incluso para operadores sin experiencia. La pantalla LCD simple y fácil de leer garantiza una presentación clara del resultado de pesaje bajo diversas condiciones de trabajo.

El tamaño pequeño y el diseño compacto permiten un fácil transporte de la balanza y la operación en cualquier lugar de trabajo, incluso en una superficie pequeña y tiene una capacidad máxima de 600 gr.



Figura 29. Balanza de precisión

3.1.4. Modelos matemáticos

En la tabla 4 se exponen los modelos matemáticos más importantes relacionados con la cinética de secado de diferentes productos. En ellos se establece la relación de la cantidad de humedad libre en el tiempo con el contenido de humedad inicial como estado de referencia (MR), ello se muestra en la **ecuación N°1**. Para estimar las humedades libres se parte del valor del contenido de humedad de equilibrio, en este punto la presión de vapor de agua al interior del producto habrá igualado la presión de vapor en el medio secante [26].

$$MR = \frac{M - M_e}{M_o - M_e}$$

(Ecu) N°1

Donde:

MR = Relaciona la cantidad de humedad libre en el tiempo

M = Contenido de humedad inicial como estado de referencia

M_o = Humedades libres

M_e = *Humedad de equilibrio*

Tabla 4. Modelo matemático que se utilizó para el ajuste de cinética del secado.

Nombre	Modelo	Referencia
1 -Newton	$*MR = \exp(-kt)$	-Togrul y Pehlivan (2002)
2 -Page	$*MR = \exp(-kt^n)$	-Saeed et al. (2006)
3 -Henderson	$*MR = a. \exp(-kt)$	-Saeed et al. (2006)
4 -Logarítmico	$*MR = a. \exp(-kt) + b$	-Akpinar y Bicer (2005)
5 -Midilli	$*MR = a. \exp(-kt^n) + bt$	-Midilli et al. (2002)
6 -Dos términos	$*MR = a. \exp(-kt) + b. \exp(-gt)$	-Lahsasni et al. (2004)
7 -Henderson modificado	$*MR = a. \exp(-kt) + b. \exp(-gt) + c. \exp(-ht)$	-Kaya et al. (2007)
8 -Verma	$*MR = a. \exp(-kt) + (1 - a). \exp(-gt)$	-Doymaz (2005)
9 -Dos términos exponenciales	$*MR = a. \exp(-kt) + (1 - a). \exp(-kat)$	-Sacilik et al. (2006)
10 -Aproximado a la difusión	$*MR = a. \exp(-kt) + (1 - a). \exp(-kbt)$	-Wang y Singh (1978)
11 -Wang Singh	$*MR = 1 + at + bt^2$	-Wang y Singf(1978)

Donde:

MR= porcentaje de humedad del cacao

Exp= número de Euler (exponencial)

K= Constante de ajuste

t= variable de tiempo

n=variable exponente del tiempo para el ajuste de humedad

a, b, c= constantes de ajuste

De los modelos expuestos en la tabla 4, los utilizados en la presente investigación son los de Page y Newton, se escogieron los mismos considerando el comportamiento exponencial y las

constantes K y N que permiten establecer el ajuste de la cantidad de humedad libre en el tiempo con el contenido de humedad inicial como estado de referencia.

3.2. Memoria de calculo

3.2.1. Características de secado de cacao

En base a la investigación y estudio realizado y requerido para comprender de mejor manera el proceso de secado del cacao de acuerdo con sus especificaciones técnicas y sus características, las cuales son solucionar el tiempo óptimo de secado del cacao de acuerdo con los estudios realizados basados en experiencia de secado por distintos métodos.

Por los cual se ha optado realizar las respectivas pruebas de secado por medio de un deshidratador el cual ayudara a simular las temperaturas a las que está sometido por cada prueba así comprobando la masa de agua que pierde por cada periodo de tiempo en base a su peso inicial.

- **Temperatura.** _ La temperatura de secado del cacao es muy importante ya que esta definirá el tiempo de secado siendo a mayor temperatura menor tiempo de secado y a menor temperatura un mayor tiempo de secado.
- **Porcentaje de Humedad.** _ El porcentaje de humedad esta dado por la cantidad de agua que contiene el grano al momento en que este se encuentre fresco.
- **Peso.** _ Es la cantidad de producto solido del cacao

3.3. Condiciones para realizar pruebas experimentales

Tabla 5. Parámetros para evaluar al realizar la practica

Nº	Descripción	Unidades de medida
1	Temperatura de secado	Rango de 40°C-80°C
2	Humedad inicial	Rango de 47%-50%
3	Humedad final	Rango de 4.0%-4.8%
4	Peso perdido en gramos	Rango de 15g – 20g

El porcentaje de humedad deseado y apto para el consumo está en el 7%

3.4. Propiedades del grano de cacao

Los granos de cacao utilizados para las pruebas fueron seleccionados en base a la variedad más abundante en el ecuador por lo que se detallan dos tipos de grano de cacao para realizar las pruebas.

- **Cacao Nacional.** _ su tamaño en relación con el cacao mejorado es que el espesor de la mazorca es de un color amarillento, también el número de granos contenedores es menor al del cacao mejorado y el grano es de menor espesor.
- **Cacao mejorado CCN-51.** _ el tamaño de la mazorca es más grande en relación con el cacao nacional tomando en cuenta que el grano tiene un mayor espesor y la cantidad contenedora por mazorca es abundante.

3.5. Determinar el volumen de cacao por cada muestra.

Para establecer el cálculo del volumen que ocupa del cacao en cualquiera de las muestras sin importar de que tipo de muestra se determina de la siguiente manera.

$$V_c = \frac{m_c}{\rho_{cacao}}$$

(Ecu) N°2

Donde:

V_c = Volumen de cacao que ocupa el contenedor m^3

m_c = Masa total del cacao (g)

ρ_{cacao} = densidad del cacao (Kg/m^3)

3.5.1. Cálculo de masa de agua

El porcentaje de agua perdido durante el proceso es importante ya que el grano de cacao habrá perdido ese peso en agua.

$$M_{h2o} = M_t - M_f$$

(Ecu) N°3

Donde:

M_{h2o} = Masa de agua (g)

M_t = masa total húmeda (g)

M_f = Masa final de la prueba (g)

3.5.2. Cálculo de porcentaje de agua restante para lograr la masa seca

La masa completamente seca está en un porcentaje de humedad 0 y se calculara de acuerdo con el peso y la humedad finales del proceso

$$M_{h2Orestamte} = \frac{Mf * hf}{100}$$

(Ecu) N°4

Donde:

$M_{h2Orestamte}$ = Masa de agua restante (g)

hf = Humedad dinal de las pruebas a cualquier regimen de temperatura (%)

Mf = Masa final de la prueba sin inportar el regimen de températura(g)

3.5.3. Cálculo de masa seca.

La masa seca nos ayudara a calcular el contenido de agua de las variables iniciales e intermedias en base a los pesos iniciales y el peso de agua contenedora total del grano de cacao.

$$Ms = Mf - M_{h2Orestamte}$$

(Ecu) N°5

Donde:

Ms = Masa seca (g)

Mf = Masa final de prueba (g)

$M_{h2Orestamte}$ = masa de agua restante en la prueba (g)

3.5.4. Cálculo de porcentaje de humedad:

La humedad calculada será obtenida a base a el grano de cacao completamente seco para tomar como referencia un valor 0 para la humedad.

$$\%h = \frac{Ms}{Mc} * 100\%$$

(Ecu) N°6

Donde:

$\%h = \text{Porcentaje de humedad (\%)}$

$Ms = \text{Masa seca (g)}$

$Mc = \text{Masa del cacao (g)}$

3.6. Cálculo de modelo experimental

El cálculo del modelo experimental nos ayudara a determinar el nivel de humedad al que se está realizando la prueba igualándolo al modelo de ajuste que este caso es el modelo de page.

$$MR_{exp} = \frac{H_{in} - H_f}{H_i - H_f}$$

(Ecu) N°7

Donde:

$MR_{exp} = \text{humedad experimental.}$

$H_{in} = \text{Humedad inicial en cualquier punto de prueba.}$

$H_i = \text{humedad inicial}$

$H_f = \text{Humedad final}$

3.6.1. Modelo de ajuste de humedad

El modelo utilizado será el de page ya que es el que tiene las variables que se obtuvieron durante la prueba de secado de cacao.

$$MR_{modelo} = Exp^{-K*t^n}$$

(Ecu) N°8

Donde:

$MR_{modelo} = \text{humedad ajustada al modelo de page}$

$Exp = \text{exponencial o numero de euler}$

$-K = \text{constante de ajuste}$

$t = \text{variabe de tiempo}$

$n = \text{constante de ajuste}$

3.6.2. Cálculo del error

Este cálculo de error nos ayudara a determinar el error entre el cálculo del modelo experimental y el cálculo del modelo de page como se muestra en la siguiente ecuación.

$$error = (MR_{exp} - MR_{modelo})^2$$

(Ecu) N°9

Donde:

error = diferencia de error

MR_{exp} = Humedad experimental

MR_{modelo} = humedad del modelo de page

3.6.3. Suma de cuadrados del error

Suma de cuadrados del error para ajustar la curva de cinética de secado de cacao intercalando los valores de K y N mediante solver.

$$SCR = \sum (MR_{exp} - MR_{modelo})^2$$

(Ecu) N°10

Donde:

\sum = sumatoria

SCR = suma de cuadrados del error.

MR_{exp} = Humedad experimental

MR_{modelo} = humedad del modelo de page

3.6.4. Suma de cuadrados totales

El cálculo de la suma de cuadrados totales nos sirve para calcular la bondad de ajuste del error.

$$SCT = \sum (MR_{exp} - \bar{MR}_{exp})^2$$

(Ecu) N°11

Donde:

SCT = sumatoria de cuadrados totales.

MR_{exp} = humedad experimental

\bar{MR}_{exp} = media de la humedad experimental

3.7. Bondad de ajuste de R cuadrado.

Se utiliza para saber que tan eficiente fue el ajuste en relación con el ajuste experimental y el ajuste de page.

$$R^2 = \frac{SCT - SCR}{SCR}$$

(Ecu) N°12

Donde:

R^2 = Bondad de ajuste del error

SCT = suma de cuadrados totales

SCR = suma de cuadrados del error

3.8. Análisis y discusión de los resultados

Las pruebas realizadas a regímenes de temperatura netamente controladas serán realizadas por medio de un deshidratador de alimentos en la cual cada prueba se realizará con 10 muestras de cada tipo de cacao por separado tomando como referencia un rango de tiempo estimado de 20 minutos por prueba en la cual cada muestra se realizará un pesaje en la cual indicará que porcentaje de agua pierde por cada prueba los parámetros requerido en cuanto a tiempo, peso y porcentaje de humedad estará detallado en la siguientes tablas las cuales indicaran el comportamiento del cacao, y la pérdida de peso y humedad en base a un tiempo determinado.

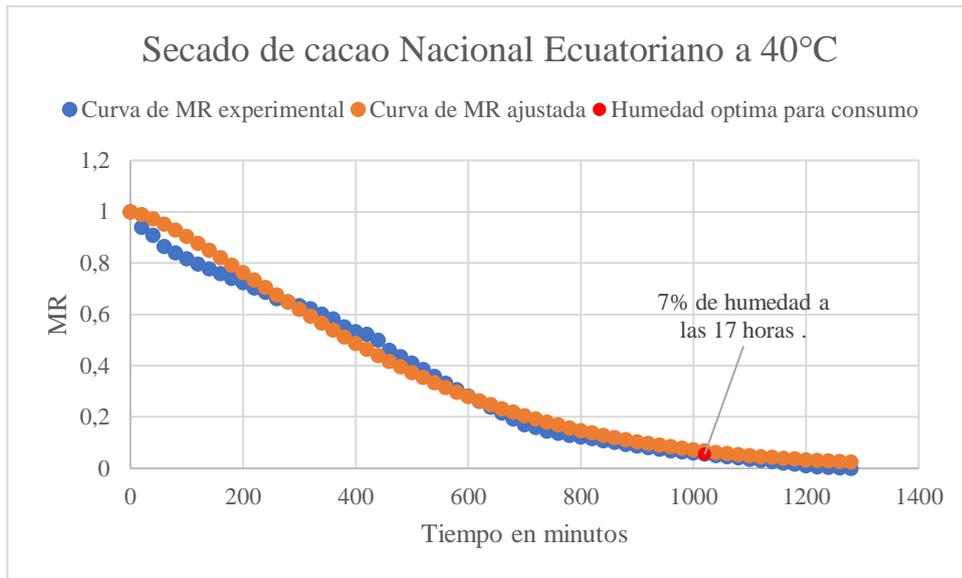
Al final de las pruebas se mide el contenido de humedad cercano al 4% tomando en cuenta que el porcentaje de humedad aceptado para el consumo es de 7, pero se trabajara con un porcentaje menor para encontrar el máximo porcentaje de humedad que se puede quitar a un grano de cacao sin quitarle sus propiedades alimenticias.

3.8.1. Resultados de secado de cacao Nacional

Las siguientes tablas de datos proporcionan valores tales como el número de prueba, tiempo de la prueba, peso del tipo de cacao, contenido de agua que se pierde por cada prueba y el porcentaje de humedad como se muestra en el apartado de **Anexos 2**.

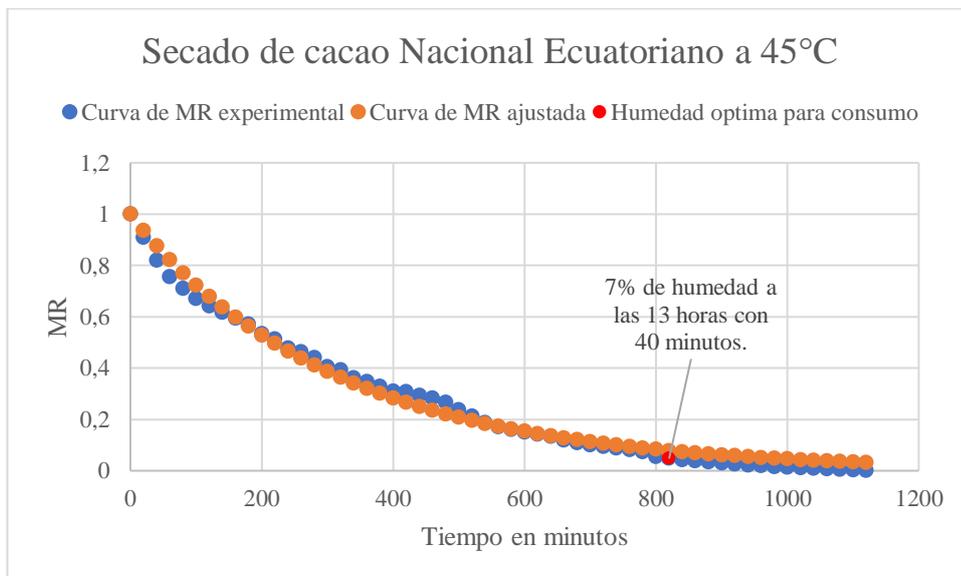
A continuación, se detallan las gráficas en donde se describe el descenso de curvas en base al tiempo temperatura de secado y contenido de humedad

Figura 30. Grafica de secado de cacao Nacional a 40°C % de humedad VS Tiempo



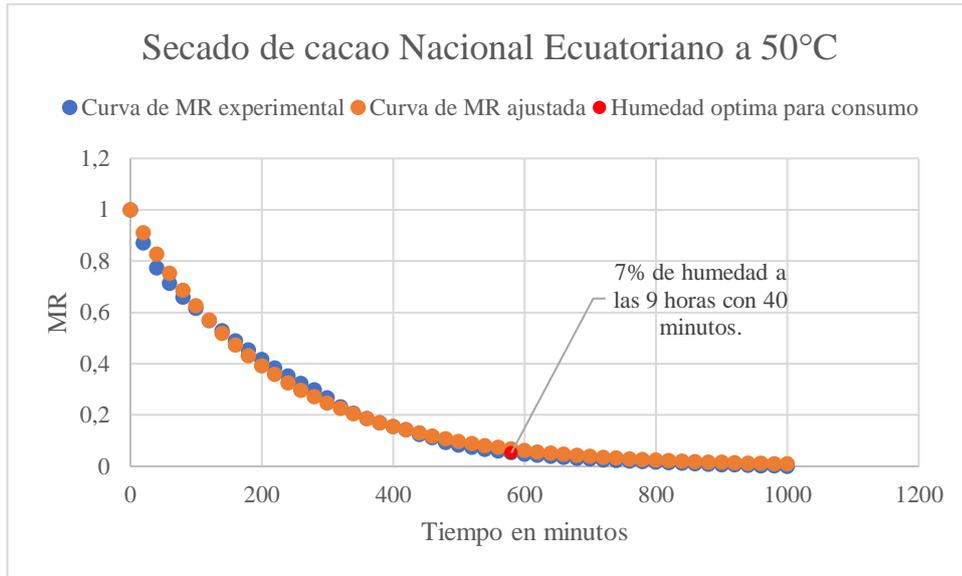
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 40°C en un periodo de tiempo total de 1280 min en la prueba N°64 se logró obtener un contenido de humedad del 4.3% y una disminución de contenido de agua de 17.58g tomando en cuenta que la prueba se realizó con éxito como se muestra en **la figura N°30.**

Figura 31. Grafica curva de secado de cacao Nacional a 45°C % de humedad VS tiempo



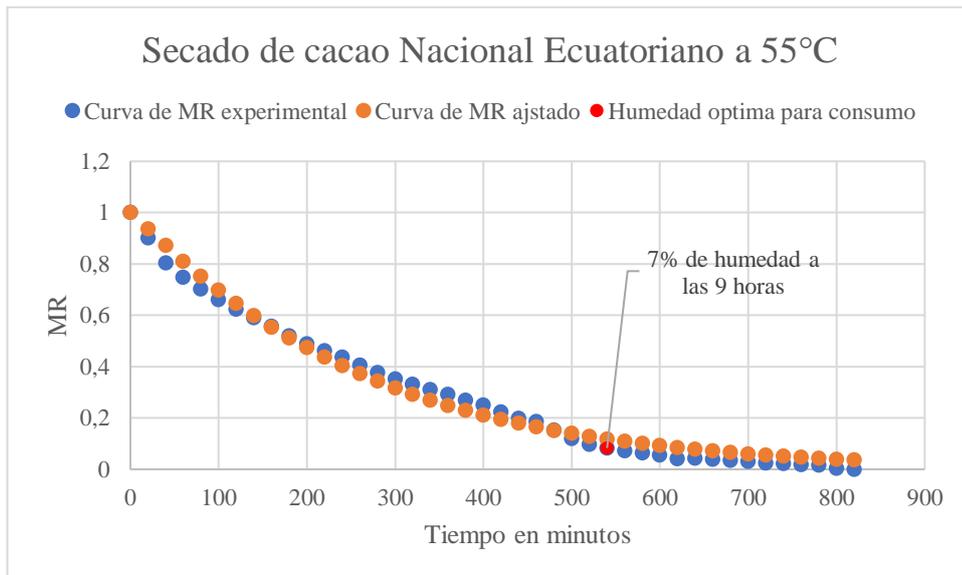
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 45°C en un periodo de tiempo total de 1120 min en la prueba n°56 se logró obtener un contenido de humedad del 4.3% y una disminución de contenido de agua de 16.55g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°31.**

Figura 32. Grafica curva secado de cacao Nacional a 50°C % de humedad VS tiempo



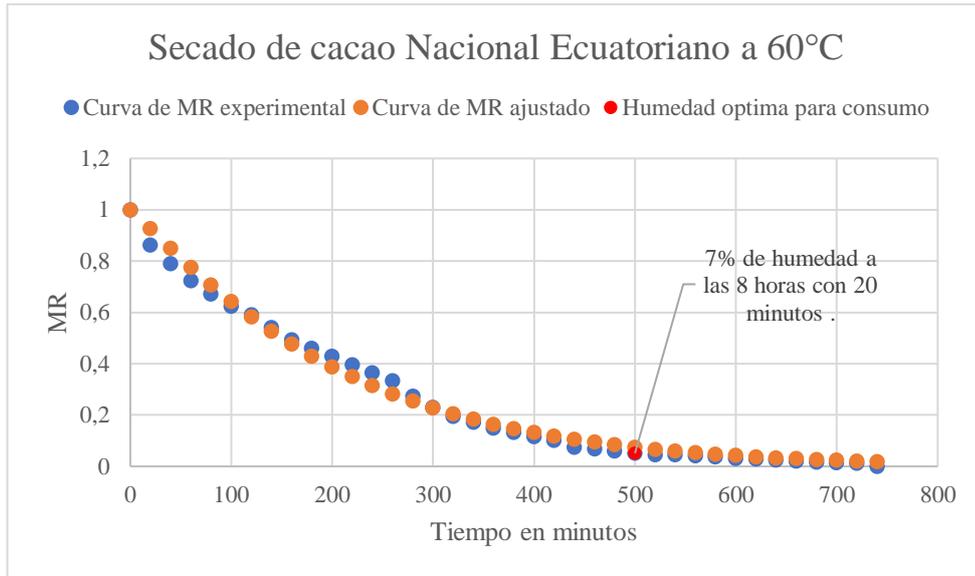
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 50°C en un periodo de tiempo total de 1000 min en la prueba n°50 se logró obtener un contenido de humedad del 4.1% y una disminución de contenido de agua de 18.88g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7%. como se muestra en **la figura N°32.**

Figura 33. Grafica curva secado de cacao Nacional a 55°C % de humedad VS tiempo



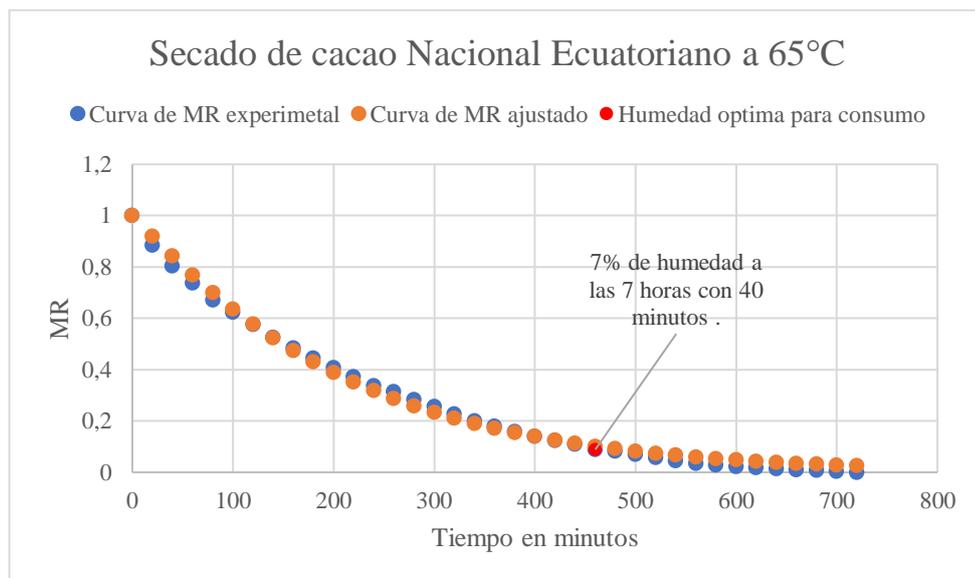
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 55°C en un periodo de tiempo total de 820 min en la prueba N°41 se logró obtener un contenido de humedad del 4.2% y una disminución de contenido de agua de 16.39g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7%. como se muestra en **la figura N°33.**

Figura 34. Grafica curva secado de cacao Nacional a 60°C % de humedad VS tiempo



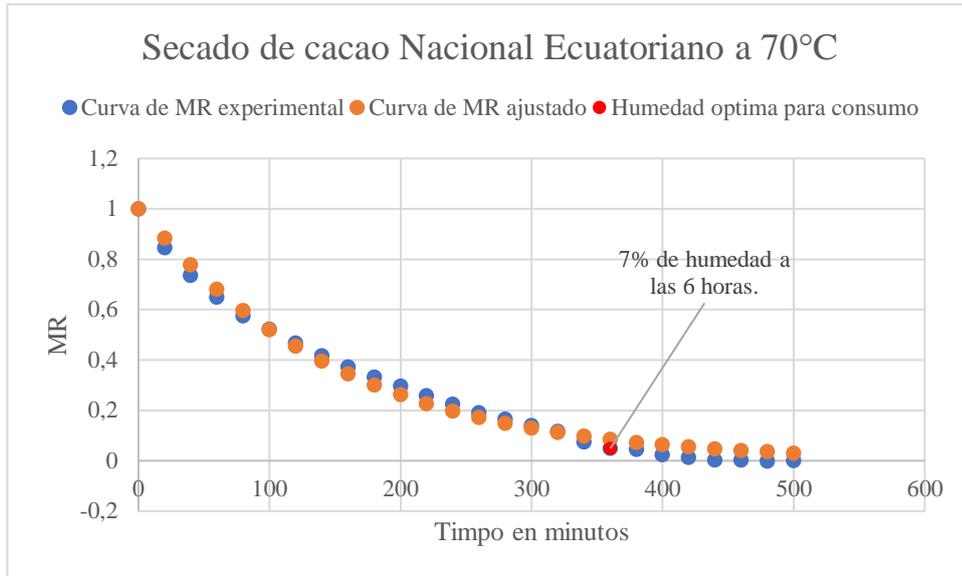
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 60°C en un periodo de tiempo total de 740 min en la prueba N°37 se logró obtener un contenido de humedad del 4.1% y una disminución de contenido de agua de 16.53g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7%. como se muestra en la **figura N°34**.

Figura 35. Grafica curva secado de cacao Nacional a 65°C % de humedad VS tiempo



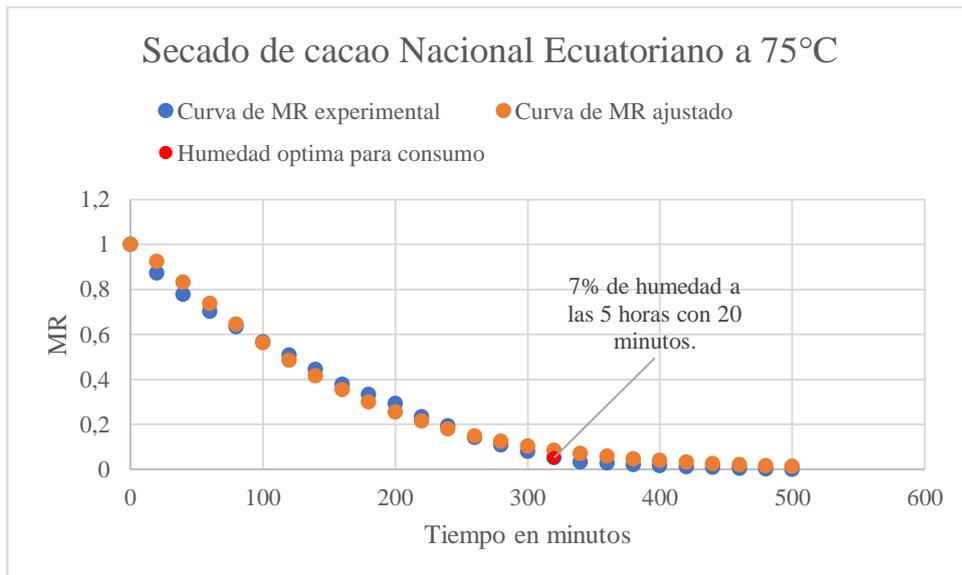
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 65°C en un periodo de tiempo total de 720 min en la prueba N°36 se logró obtener un contenido de humedad del 4.2% y una disminución de contenido de agua de 17.04g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°35**.

Figura 36. Grafica curva secado de cacao Nacional a 70°C % de humedad VS tiempo



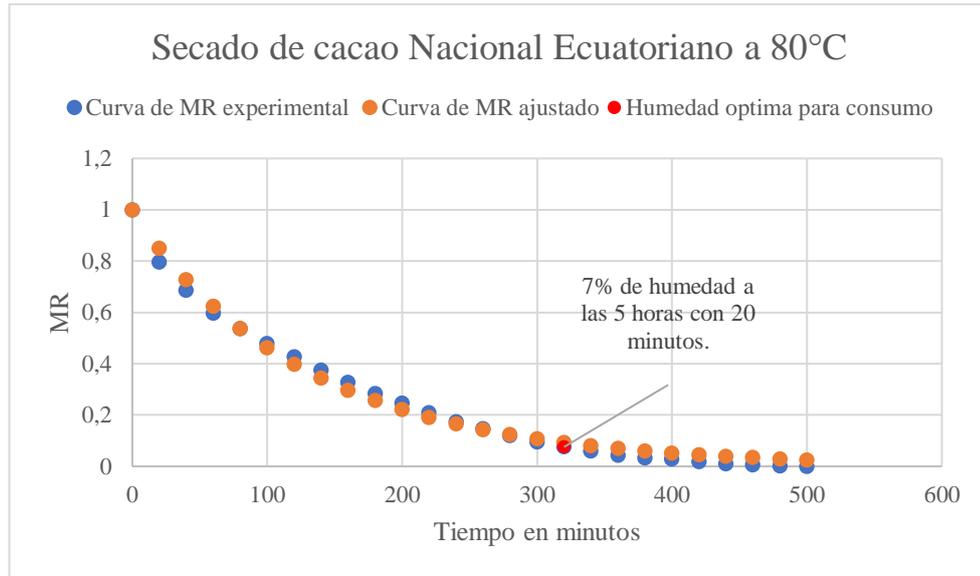
De acuerdo a los datos obtenidos en la prueba realizada a 70°C en un periodo de tiempo total de 500 min en la prueba N°25 se logró obtener un contenido de humedad del 4.3% y una disminución de contenido de agua de 15.43 g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°36**.

Figura 37. Grafica curva secado de cacao Nacional a 75°C % de humedad VS tiempo



De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 75°C en un periodo de tiempo total de 500 min en la prueba N°25 se logró obtener un contenido de humedad del 4.3% y una disminución de contenido de agua de 16.34 g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°37**.

Figura 38. Grafica curva secado de cacao Nacional a 80°C % de humedad VS tiempo



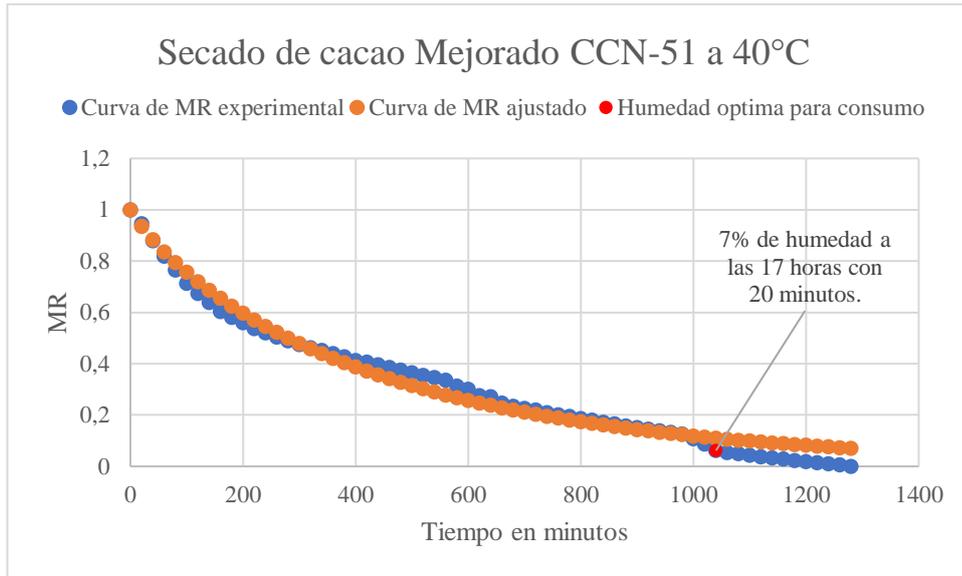
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 80°C en un periodo de tiempo total de 500 min en la prueba N°25 se logró obtener un contenido de humedad del 4.1% y una disminución de contenido de agua de 16.01 g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°38**.

3.8.2. Resultados de secado de cacao Mejorado CNN-51.

Las siguientes tablas de datos proporcionan valores tales como el número de prueba, tiempo de la prueba, peso del tipo de cacao, contenido de agua que se pierde por cada prueba y el porcentaje de humedad como se muestra en el apartado del **Anexo 3**.

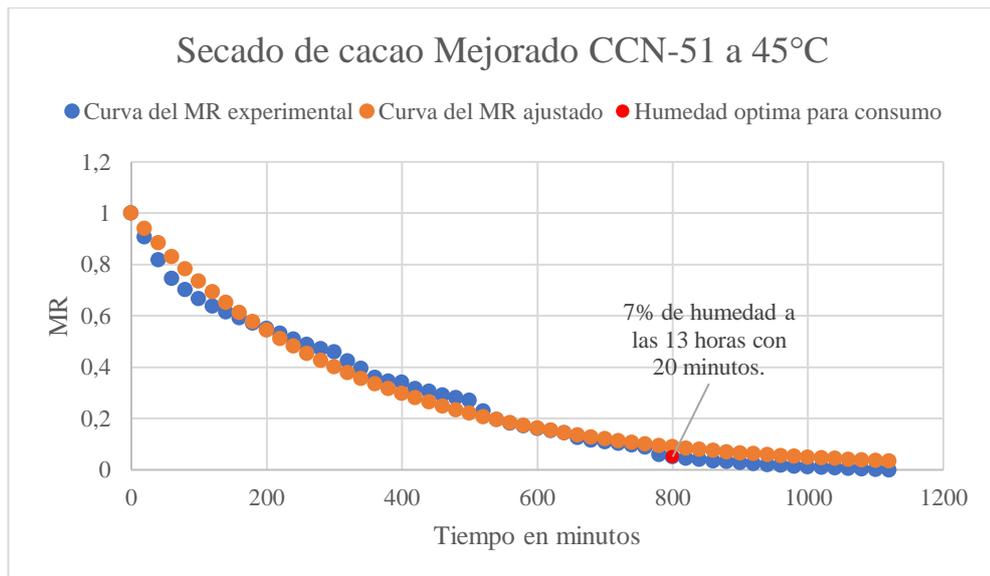
A continuación, se detallan las gráficas en donde se describe el descenso de curvas en base al tiempo temperatura de secado y contenido de humedad

Figura 39. Grafica de secado de cacao Mejorado a 40°C % de humedad VS Tiempo



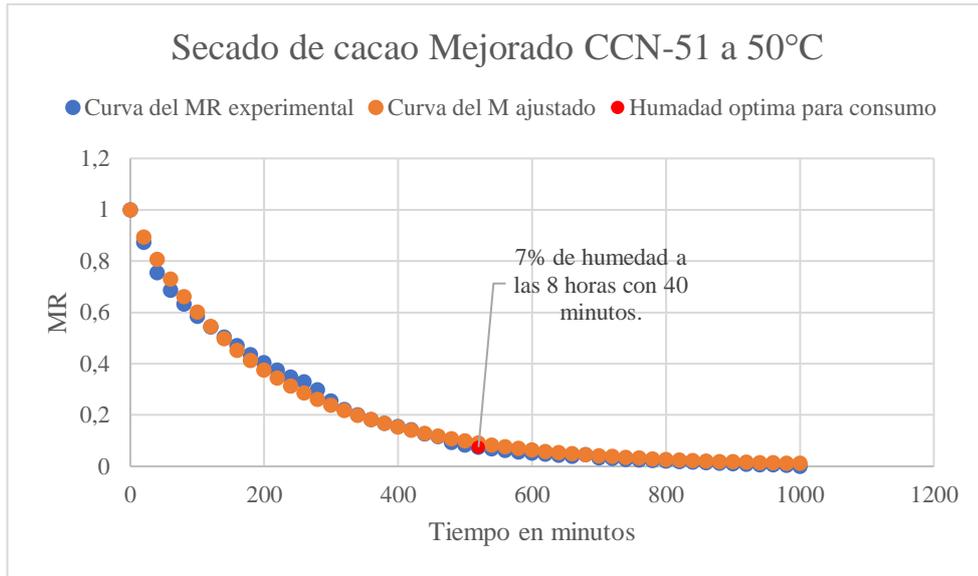
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 40°C en un periodo de tiempo total de 1280 min en la prueba N°64 se logró obtener un contenido de humedad del 4.3% y una disminución de contenido de agua de 23.77g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°39**.

Figura 40. Grafica de secado de cacao Mejorado a 45°C % de humedad VS Tiempo



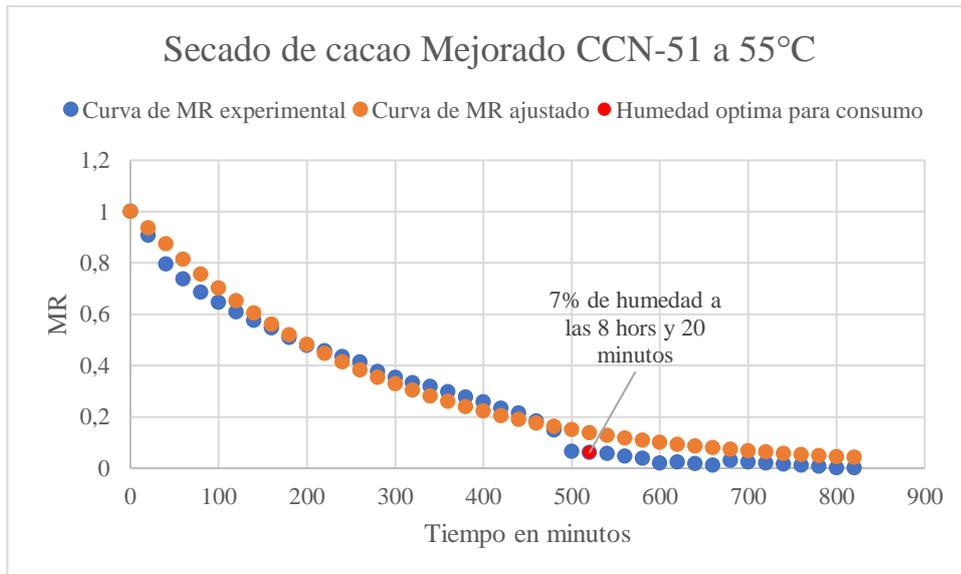
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 45°C en un periodo de tiempo total de 1120 min en la prueba N°56 se logró obtener un contenido de humedad del 4.6% y una disminución de contenido de agua de 23.12g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°40**.

Figura 41. Grafica de secado de cacao Mejorado a 50°C % de humedad VS Tiempo



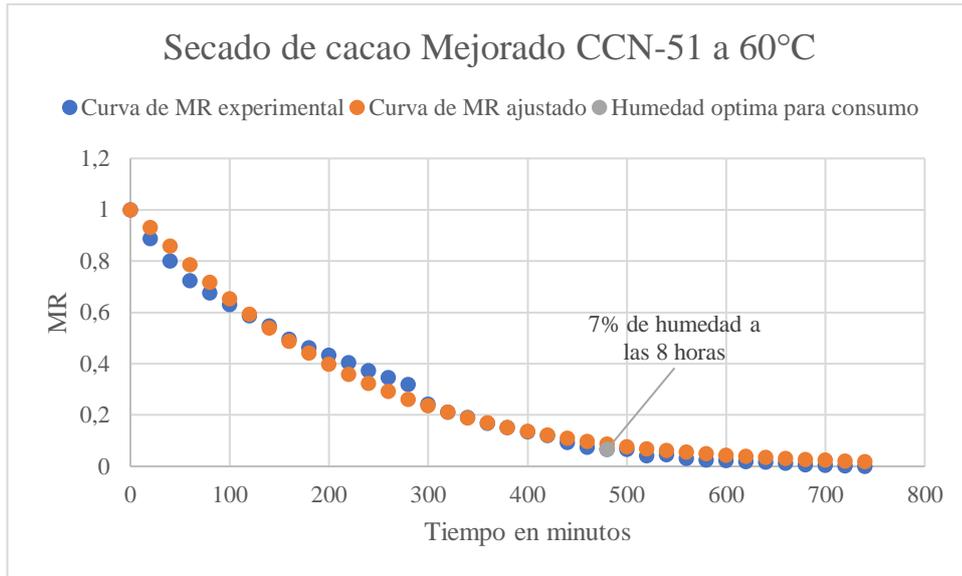
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 50°C en un periodo de tiempo total de 1000 min en la prueba N°50 se logró obtener un contenido de humedad del 4.4% y una disminución de contenido de agua de 23. tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°41**.

Figura 42. Grafica de secado de cacao Mejorado a 55°C % de humedad VS Tiempo



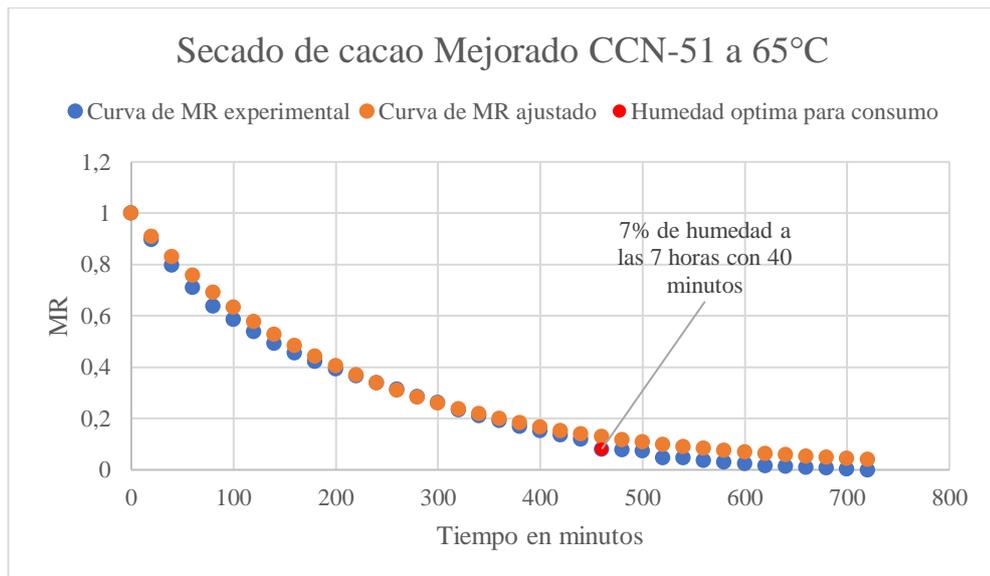
De acuerdo a los datos obtenidos en la prueba realizada a 55°C en un periodo de tiempo total de 820 min en la prueba N°41 se logró obtener un contenido de humedad del 4.5% y una disminución de contenido de agua de 22.74g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°42**.

Figura 43. Grafica de secado de cacao Mejorado a 60°C % de humedad VS Tiempo



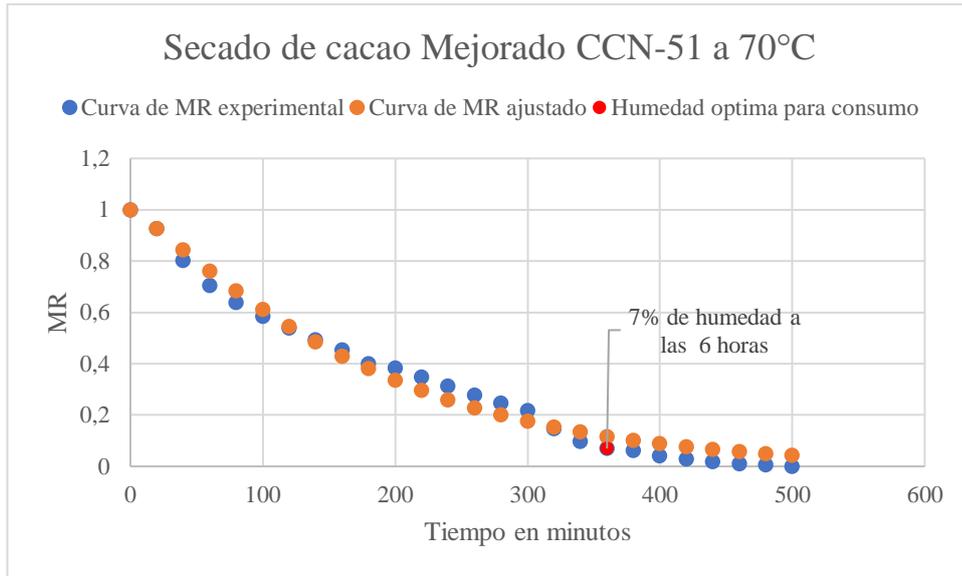
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 60°C en un periodo de tiempo total de 740 min en la prueba N°37 se logró obtener un contenido de humedad del 4.4% y una disminución de contenido de agua de 22.14g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°43**.

Figura 44. Grafica de secado de cacao Mejorado a 65°C % de humedad VS Tiempo



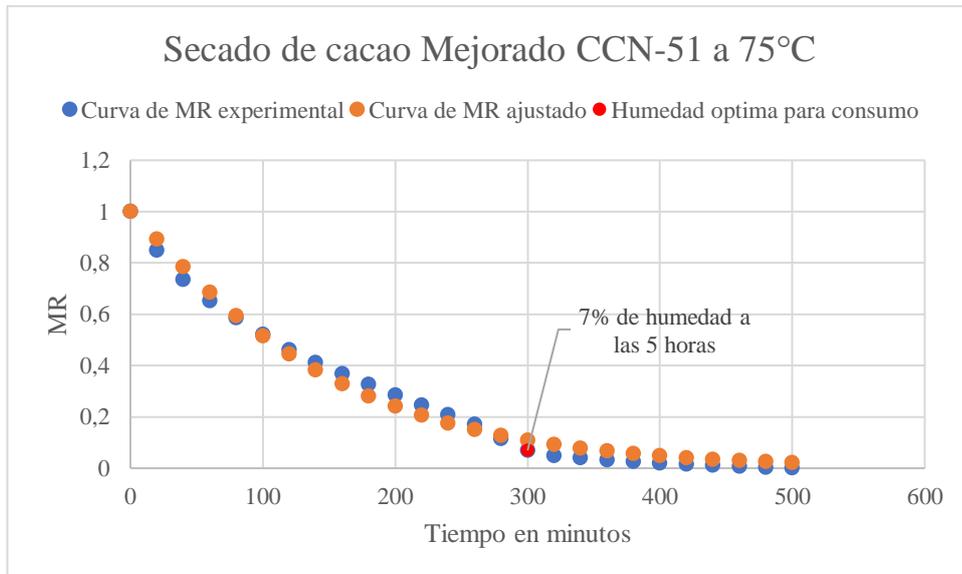
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 65°C en un periodo de tiempo total de 720 min en la prueba N°36 se logró obtener un contenido de humedad del 4.5% y una disminución de contenido de agua de 22. tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°44**.

Figura 45. Grafica de secado de cacao Mejorado a 70°C % de humedad VS Tiempo



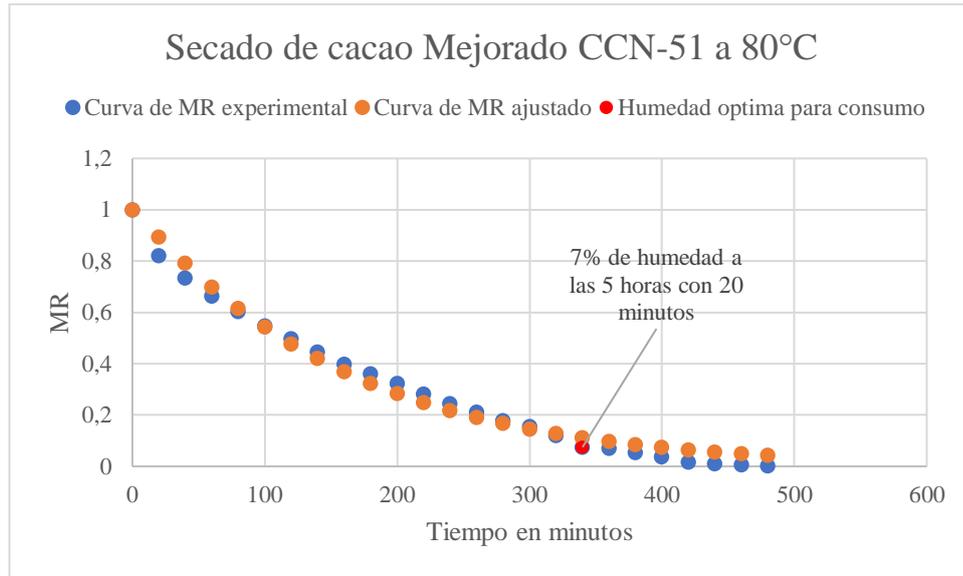
De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 70°C en un periodo de tiempo total de 500 min en la prueba N°25 se logró obtener un contenido de humedad del 4.1% y una disminución de contenido de agua de 21.72g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°45**.

Figura 46. Grafica de secado de cacao Mejorado a 75°C % de humedad VS Tiempo



De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 75°C en un periodo de tiempo total de 500 min en la prueba N°25 se logró obtener un contenido de humedad del 4.3% y una disminución de contenido de agua de 16.34g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°46**.

Figura 47. Grafica de secado de cacao Mejorado a 80°C % de humedad VS Tiempo



De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba realizada a 80°C en un periodo de tiempo total de 500 min en la prueba N°25 se logró obtener un contenido de humedad del 4.1% y una disminución de contenido de agua de 16.01g tomando en cuenta que el contenido de humedad para el consumo es de 7% como se muestra en **la figura N°47**.

3.8.3. Grafica de ajuste de curvas utilizando el modelo de page para el Cacao Nacional Ecuatoriano.

La siguiente grafica se detalla como una figura general de cómo es el comportamiento de cada una de las muestras de cacao nacional en relación con el tiempo de secado la cual se muestra en **la figura N° 48**, donde se detalla la tabla de datos como son los valores de humedad ajustadas a las distintas temperaturas y tiempo de secado.

Como se puede observar en la siguiente tabla de ajuste se muestra como es el comportamiento del cacao a distintas temperaturas tomando en cuenta el tipo de cacao en este caso se utilizó en cacao nacional el cual tiene un tiempo de secado de acuerdo con las distintas temperaturas como se puede observar en **la figura N°48**.

3.8.4. Grafica de ajuste de curvas utilizando el modelo de page para el Cacao Mejorado CNN-51.

La siguiente grafica se detalla como una figura general de cómo es el comportamiento de cada una de las muestras de cacao nacional en relación con el tiempo de secado la cual se muestra

en la **figura N°49**, donde se detalla la tabla de datos como son los valores de humedad ajustadas a las distintas temperaturas y tiempo de secado.

Como se puede observar en la siguiente figura se muestra el comportamiento del cacao a distintas temperaturas, tomando en cuenta el tipo de cacao en este caso se utilizó en cacao nacional el cual tiene un tiempo de secado de acuerdo con las distintas temperaturas como se puede observar en la **figura N°49**.

Figura 48. Ajuste de curva de cinética de secado de cacao nacional

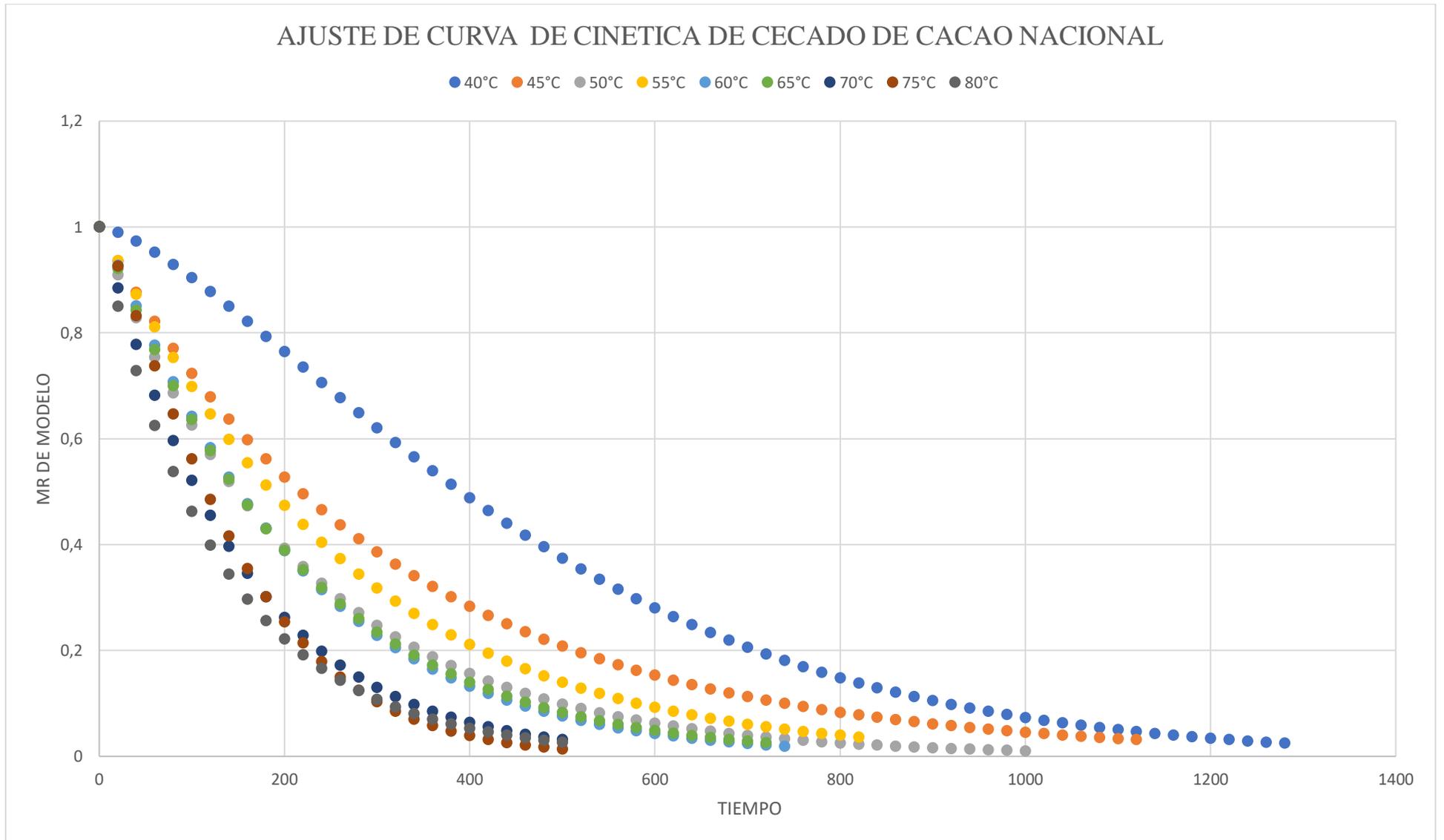
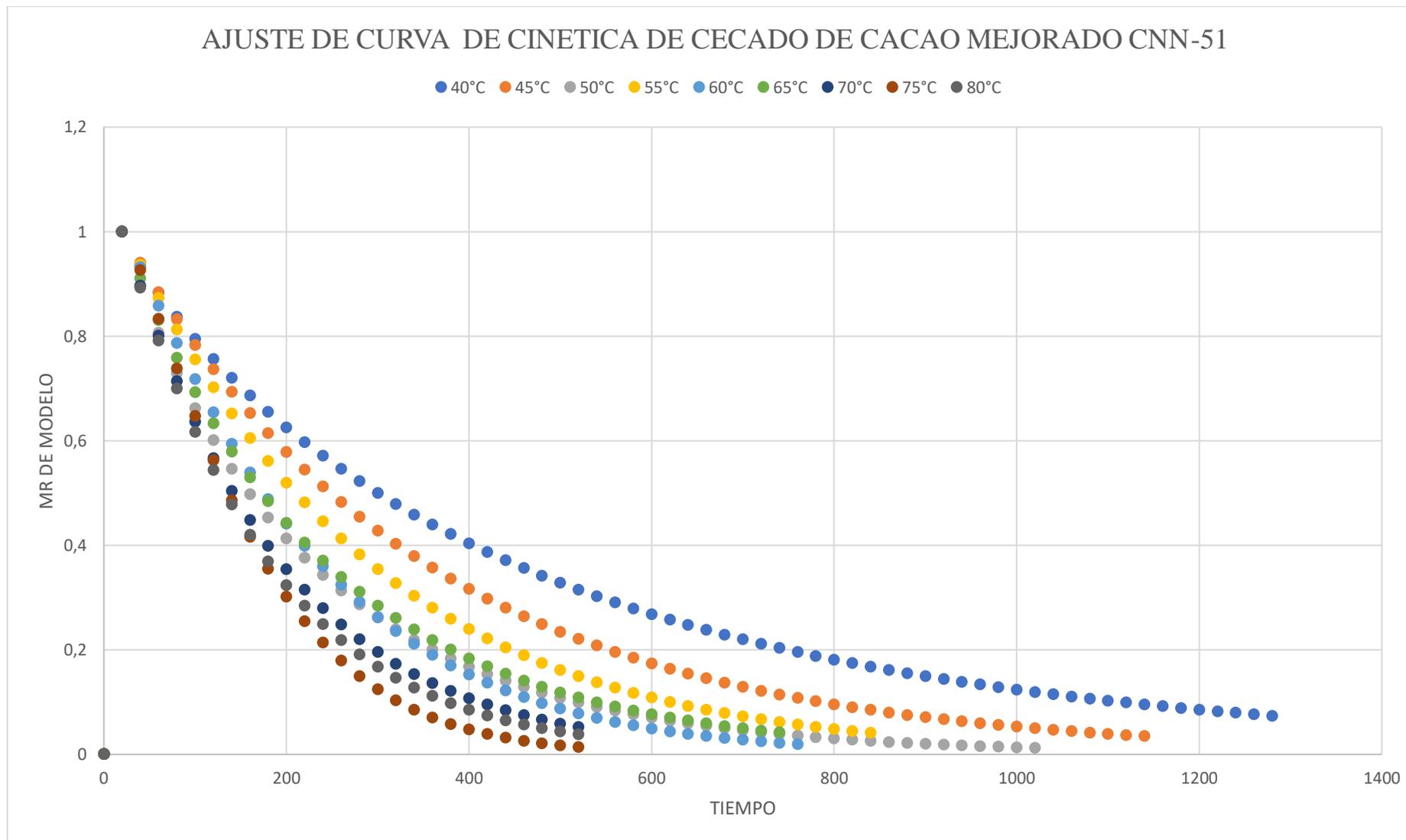


Figura 49. Ajuste de curva de cinética de secado de cacao mejorado CNN-51

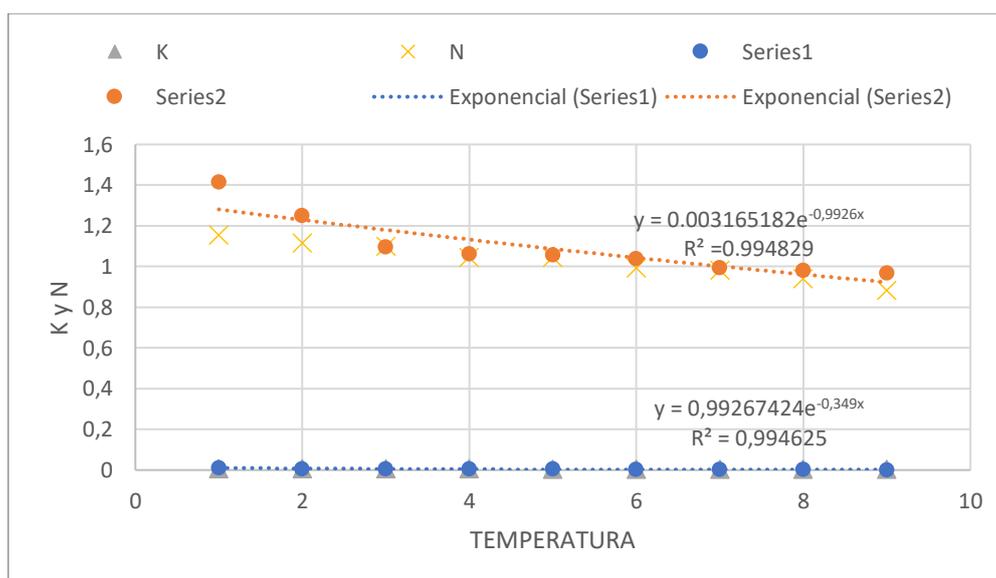


3.8.5. Resumen de los coeficientes K y N utilizando el modelo de Page.

En la tabla N°6 se expone un resumen de los coeficientes K y N, que establecen el ajuste de la cantidad de humedad libre en el tiempo con el contenido de humedad inicial como estado de referencia. Los resultados se muestran para valores de temperaturas que variaron entre 40 °C y 80 °C. Para un régimen de temperatura en el secado de 65 C|, el valor de K= 0,003165182 y N=0,99267424 con un coeficiente de correlación de 0,97198 que valida la bondad del ajuste.

Tabla 6. Parámetros K y N para ajuste de modelo de page.

Parámetros de modelo de PAGE para cacao Nacional Ecuatoriano			
Temperatura del aire	Parámetros de modelo de PAGE		
	K	N	R ²
40 °C	0,006706603	1,153324132	0,98531573
45°C	0,004958461	1,114612267	0,98739838
50°C	0,004949054	1,098202239	0,99545624
55°C	0,004831993	1,045512615	0,98937554
60°C	0,004234394	1,045276452	0,99180268
65°C	0,003165182	0,99267424	0,99482932
70°C	0,002876065	0,982522922	0,99329506
75°C	0,00250812	0,940375804	0,99443219
80°C	0,00242158	0,881412157	0,99435678



3.9. Costos de implementación

3.9.1. Presupuestos

En lo siguiente se detallará los costos directos, costos indirectos y así como también el costo general en donde se incluirán materiales, equipos y los presupuestos para la elaboración todo relacionado con la parte financiera para el análisis de la cinética del secado de cacao nacional ecuatoriano y mejorado ccn-51.

3.9.2. Costos directos

Gastos relacionados con equipos y materiales utilizados para el análisis de la cinética del secado de cacao nacional ecuatoriano y mejorado ccn-51.

Tabla 7. Costos directos de cinética del cacao

PRESUPUESTOS PARA LA ELABORACIÓN			
Equipos y Materiales	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor Total \$
Deshidratador de futas	1	400	400
Medidor de humedad	1	260	260
Balanza de precisión	1	60	60
Cajón para la fermentación	2	35	70
Vasos	4	0.80	3.2
Tarrinas	1	2.90	2.90
Guantes látex	4	2.5	10
Quintal de mazorca de cacao	2	45	90
		Total \$	896.1

3.9.3. Costos Indirectos

Todos los gastos indirectos que influyeron para la elaboración del análisis de la cinética del secado de cacao nacional ecuatoriano y mejorado ccn-51.

Tabla 8. Costos indirectos de cinética del cacao

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN				
Recursos	Cantidad	Unidad	Valor unitario \$	Valor Total \$
Transporte	4	Viajes	15	60
Encomiendas	2	Entregas	10	20
Alimentación	6	Comida	3	21
Comunicación	2	Recargas	10	20
Total \$				121

3.9.4. Gastos generales

Tabla 9. Presupuesto general

PRESUPUESTO GENERAL	
Costos	Valor Total \$
Costos Directos	896.1
Costos Indirectos	121
Total \$	1.017,1

4. COCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- De acuerdo con la fundamentación teórica relacionada con el proceso de secado de cacao nacional ecuatoriano y mejorado CCN-51, no existe suficiente información de la cinética de secado. Los modelos encontrados en la literatura se refieren a otros productos tales como el maíz, frejol, cebada, maní, entre otros, que no permiten establecer el comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo y los diferentes regímenes de temperatura.
- De los modelos expuestos en la literatura, los utilizados en la presente investigación son los de Page y Newton, se escogieron los mismos considerando el comportamiento exponencial y las constantes K y N que permiten establecer el ajuste de la cantidad de humedad libre en el tiempo con el contenido de humedad inicial como estado de referencia.

- Los valores de los coeficientes K y N, que establecen el ajuste de la cantidad de humedad libre en el tiempo con el contenido de humedad inicial como estado de referencia se obtuvieron para regímenes de entre 40 °C y 80 °C. Para un régimen de temperatura en el secado de 65 °C, el valor de K= 0,003165182 y N=0,99267424 con un coeficiente de correlación de 0,97198 que valida la bondad del ajuste.

4.2.Recomendaciones

- Se recomienda que la prueba de secado de cacao se realice en un ambiente que se mantenga a una temperatura constante con una misma humedad en el ambiente para que el pesaje y medición de contenido de humedad sea más precisa tomando en cuenta la cantidad de granos de cacao por cada muestra.
- Verificar que la bondad de ajuste en el modelo de K y N sea correcta para la obtención de ajuste de curva más preciso en cuanto a la calidad de precisión que brinda el mismo en cada prueba de secado.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Guerrero, «Líderes,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuadoriano-historia-empezo-siglo.html>. [Último acceso: 12 Diciembre 2022].
- [2] C. Acuña, «Estudio de la gestión,» Revista internacional de administración, 04 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7494/1/06-ES-Abad-Acu%C3%B1a-Naranjo.pdf>. [Último acceso: 12 Diciembre 2022].
- [3] V. Vergara, «Mundo diners,» 23 Octubre 2021. [En línea]. Available: <https://revistamundodiners.com/mundo-diners-plus/historia-cacao-ec/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2022].
- [4] M. Güilcapi, «Cacao Sostenible de PROAmazonía,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.proamazonia.org/origenes-del-cacao-ecuadoriano/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2022].
- [5] E. R. Villacís, «Hora news,» 14 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://ahoranews.net/cacao-ecuadoriano-historia-e-identidad/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2022].
- [6] F. L. M. Intriago, «Cacao Nacional,» Dialnet, 07 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6550318>. [Último acceso: 13 Diciembre 2022].

- [7] J. Cadby, 19 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://perfectdailygrind.com/es/2019/07/19/variedad-ccn-51-una-amenaza-para-la-industria-del-cacao/>. [Último acceso: 13 Diciembre 2022].
- [8] R. C. Alvarado, «Ministerio de Agricultura,» Instituto Nacional Autonomo de investigaciones, 02 Octubre 2014. [En línea]. Available: <file:///D:/Descargas/iniap%20Bolet%C3%ADn%20Divulgativo%20No,%20342.pdf>. [Último acceso: 13 Diciembre 2022].
- [9] O. N. Prado, Cochecha Cacao de calidad, 2009. [En línea]. Available: <http://canacacao.org/wp-content/uploads/Cosechando-cacao-de-calidad.pdf>. [Último acceso: 14 Diciembre 2022].
- [10] J. Q. V., «Programa Nacional del cacao,» Enero 2012. [En línea]. Available: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2049/1/iniaplsbt147i.pdf>. [Último acceso: 14 Diciembre 2022].
- [11] D. G. León, «Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura,» 2017. [En línea]. Available: <file:///D:/Descargas/BVE17089191e.pdf>. [Último acceso: 14 Diciembre 2022].
- [12] J. C. J. CARLOS, 2017. [En línea]. Available: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10589/1/DE00007_TRABAJODE TITULACION.pdf. [Último acceso: 15 Diciembre 2022].
- [13] .: P. G. N. Diana, 2021. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/24717/1/UCE-FCQ-CQA-PE%C3%91AHERRERA%20NANCY.pdf>. [Último acceso: 15 Diciembre 2022].
- [14] L. G. d. Fariñas, «SciELO,» Agronomía Tropical , Mayo 2003. [En línea]. Available: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2003000200005&script=sci_arttext. [Último acceso: 15 Diciembre 2022].
- [15] J. P. Ferrín, Octubre 2014. [En línea]. Available: <file:///D:/Descargas/iniap%20Bolet%C3%ADn%20Divulgativo%20No,%20342.pdf>. [Último acceso: 15 Diciembre 2022].
- [16] M. G. SEIJAS, Asociación de Pequeños Productores de Cacao, 26 Diciembre 2012. [En línea]. Available: <http://www.bioline.org.br/pdf?cg12104>. [Último acceso: 15 Diciembre 2022].
- [17] P. P. Rosero, Diciembre 2017. [En línea]. Available: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3488/DOC_ING_AUT_003.pdf?sequence=4&isAllowed=y. [Último acceso: 15 Diciembre 2022].
- [18] J. Nogales, Agronomía, 20 Mayo 2006. [En línea]. Available: <http://ve.scielo.org/pdf/at/v56n1/art01.pdf>. [Último acceso: 16 Diciembre 2022].

- [19] G. O. J. Washington, 2021. [En línea]. Available:
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8170/1/PI-001746.pdf>. [Último acceso: 11 Enero 2023].
- [20] X. P. P. Espinoza, 2012. [En línea]. Available:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1930/15/UPS-CT002387.pdf>. [Último acceso: 12 Enero 2023].
- [21] P. G. N. Diana, 2021. [En línea]. Available:
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/24717/1/UCE-FCQ-CQA-PE%C3%91AHERRERA%20NANCY.pdf>. [Último acceso: 16 Diciembre 2022].
- [22] C. D. G. Velásquez. [En línea]. Available:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/790/1/CD-1238.pdf>. [Último acceso: 16 Enero 2023].
- [23] E. C. Montoya. [En línea]. Available:
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/939/1/Arc041%2801%2919-33.pdf>. [Último acceso: 16 Enero 2023].
- [24] R. V. RAMÍREZ, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Enero 2011. [En línea]. Available:
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10062/117.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 16 Enero 2023].
- [25] V. R. A. ROBLES, 2012. [En línea]. Available:
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12369/1/Ambrossi%20Robles%2c%20Vicente%20Roberto%2c%20Quezada%20Chavez%2c%20Wilson%20Efren.pdf>. [Último acceso: 16 Enero 2023].
- [26] M. Stoler. [En línea]. Available:
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3076/1/T1132-MELA-Stoler-El%20justo.pdf>. [Último acceso: 12 Diciembre 2022].

ANEXOS:

ANEXO 1. INFORME ANTIPLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN

FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas												
CARRERA:	Ingeniería Electromecánica												
NOMBRE DEL DOCENTE EVALUADOR QUE EMITE EL INFORME:	Ing. Cristian Fabian Gallardo Molina												
DOCUMENTO EVALUADO:	Propuesta tecnológica previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico.												
AUTORES DEL DOCUMENTO:	Sr. Luis Virgilio Chimarro Tutillo Sr. Willian Patricio Chiguano Cuchiparte												
PROGRAMA DE SIMILITUD UTILIZADO:	Sistema URKUND												
PORCENTAGE DE SIMILITUD SEGUN EL PROGRAMA UTILIZADO:	6 %												
OBSERVACIONES: Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios. <ul style="list-style-type: none"> • El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones. • El documento cumple criterios de originalidad, con observaciones. • El documento no cumple criterios de originalidad. 	-X- ----- -----												
FECHA DE REALIZACION DEL INFORME:	17/02/2023 07:50:00 AM												
<p>Document Information</p> <hr/> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 40%;">Analyzed document</td> <td>Tesis Secado de cacao 3.0.2.docx (D158839091)</td> </tr> <tr> <td>Submitted</td> <td>2/17/2023 7:50:00 AM</td> </tr> <tr> <td>Submitted by</td> <td>Cristian Gallardo</td> </tr> <tr> <td>Submitter email</td> <td>cristian.gallardo@utc.edu.ec</td> </tr> <tr> <td>Similarity</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Analysis address</td> <td>cristian.gallardo.utc@analysis.arkund.com</td> </tr> </table>		Analyzed document	Tesis Secado de cacao 3.0.2.docx (D158839091)	Submitted	2/17/2023 7:50:00 AM	Submitted by	Cristian Gallardo	Submitter email	cristian.gallardo@utc.edu.ec	Similarity	6%	Analysis address	cristian.gallardo.utc@analysis.arkund.com
Analyzed document	Tesis Secado de cacao 3.0.2.docx (D158839091)												
Submitted	2/17/2023 7:50:00 AM												
Submitted by	Cristian Gallardo												
Submitter email	cristian.gallardo@utc.edu.ec												
Similarity	6%												
Analysis address	cristian.gallardo.utc@analysis.arkund.com												
<p>.....</p> <p>PhD. Ing. Enrique Torres Tamayo Director del Proyecto de la Propuesta Tecnológica</p>													

ANEXO 1.2. PRIMERA HOJA DE INFORME URKUND

Document Information

Analyzed document	Tesis Secado de cacao 3.0.2.docx (D158839091)
Submitted	2/17/2023 7:50:00 AM
Submitted by	Cristian Gallardo
Submitter email	cristian.gallardo@utc.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	cristian.gallardo.utc@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / Tesis Atiaga Tarco.docx Document Tesis Atiaga Tarco.docx (D143493026) Submitted by: cristian.gallardo@utc.edu.ec Receiver: cristian.gallardo.utc@analysis.arkund.com		1
SA	ESPIN VERA RUBI JOMAIRA.docx Document ESPIN VERA RUBI JOMAIRA.docx (D55142492)		5
SA	Cuaderno tecnológico-Cacao 2.pdf Document Cuaderno tecnológico-Cacao 2.pdf (D15874281)		1
SA	TESIS DE GRADO - CINTHYA ZAMBRANO - GREGORIO SOLEDISPA.pdf Document TESIS DE GRADO - CINTHYA ZAMBRANO - GREGORIO SOLEDISPA.pdf (D124145084)		2
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / Tesis Jose Carguachi UTC_final.pdf Document Tesis Jose Carguachi UTC_final.pdf (D158571330) Submitted by: jose.carguachi@utc.edu.ec Receiver: roberto.herrera.utc@analysis.arkund.com		2
SA	Practica N9.docx Document Practica N9.docx (D34685828)		0

Entire Document

ANEXO 2. _ACTA DE ENTREGA

ANEXO 3._ TABLAS DE DATOS DE CACAO NACIONAL ECUATORIANO:

Tabla 10. Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 40°C

Cinética de secado de cacao Nacional 40°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	55,3783252	1	1	0	0,42349126
20	52,2948652	0,93963271	0,98966259	0,00250299	0,34856599
40	50,6544978	0,90751797	0,97269697	0,0042483	0,31167659
60	48,5028545	0,86539358	0,95208024	0,00751458	0,26641664
80	47,225456	0,84038495	0,92890578	0,00783594	0,24122539
100	46,0515074	0,81740165	0,90384416	0,00747231	0,21917726
120	45,0094865	0,7970012	0,87737517	0,00645998	0,20049194
140	43,988595	0,77701442	0,84986972	0,0053079	0,18299271
160	43,0650823	0,75893409	0,82162759	0,00393047	0,16785093
180	42,1579533	0,74117452	0,79289778	0,0026753	0,15361428
200	41,2312193	0,72303113	0,76389063	0,0016695	0,13972135
220	40,2319056	0,70346679	0,73478574	0,00098088	0,12547808
240	39,3502796	0,68620652	0,70573734	0,00038145	0,11354782
260	38,10174	0,66176289	0,67687826	0,00022847	0,09767184
280	37,4225746	0,64846634	0,64832292	2,057E-08	0,08953763
300	36,7509749	0,63531791	0,62016964	0,00022947	0,08184175
320	36,032418	0,62125017	0,59250258	0,00082642	0,07399065
340	35,0238883	0,6015054	0,56539331	0,00130408	0,06363887
360	34,0298507	0,58204435	0,53890214	0,00186125	0,05419883
380	32,519084	0,5524669	0,51307931	0,00155138	0,04130201
400	31,5259489	0,53302352	0,48796604	0,00203018	0,03377714
420	30,9375	0,521503	0,46359539	0,00335329	0,02967525
440	29,8412698	0,50004126	0,43999312	0,00360578	0,02274164
460	27,8367347	0,46079692	0,41717845	0,00190257	0,0124454
480	26,5658747	0,4359163	0,39516468	0,00166069	0,00751314
500	25,2936702	0,41100937	0,37395988	0,00137266	0,00381571
520	23,9766082	0,38522422	0,3535674	0,00100215	0,00129501
540	22,6122735	0,35851359	0,33398644	0,00060158	8,6038E-05
560	21,1980745	0,33082671	0,31521249	0,0002438	0,00033897
580	19,9529135	0,30644923	0,29723779	8,4851E-05	0,00183087
600	18,6640291	0,28121574	0,28005174	1,3549E-06	0,00462702
620	17,6026472	0,26043624	0,26364126	1,0272E-05	0,00788574
640	16,4737563	0,23833507	0,24799115	9,324E-05	0,01229945
660	15,3459421	0,21625498	0,23308439	0,00028323	0,01768447
680	14,1414141	0,192673	0,21890243	0,00068798	0,02451258
700	12,9578574	0,16950159	0,20542545	0,00129052	0,03230516
720	12,4752475	0,16005316	0,19263262	0,00106142	0,03579088
740	11,6971332	0,14481941	0,18050228	0,00127327	0,04178693
760	11,3073141	0,13718763	0,16901217	0,0010128	0,04496534
780	10,9050595	0,12931237	0,15813959	0,00083101	0,04836726

800	10,5444242	0,12225194	0,14786157	0,00065585	0,05152265
820	10,1808575	0,11513411	0,13815501	0,00052996	0,0548046
840	9,81432361	0,10795819	0,12899681	0,00044262	0,05821592
860	9,4447859	0,10072347	0,12036396	0,00038575	0,06175944
880	9,07220736	0,09342921	0,11223367	0,00035361	0,06543811
900	8,6965503	0,08607468	0,10458346	0,00034257	0,0692549
920	8,41750842	0,08061166	0,09739119	0,00028155	0,07216008
940	8,07944265	0,07399308	0,09063519	0,00027696	0,07575973
960	7,83986656	0,06930271	0,08429427	0,00022475	0,07836373
980	7,59903836	0,06458783	0,07834776	0,00018934	0,08102568
1000	7,35694823	0,05984825	0,07277561	0,00016712	0,0837464
1020	7,11358621	0,05508376	0,06755833	0,00015561	0,08652668
1040	6,86894227	0,05029418	0,0626771	0,00015334	0,08936738
1060	6,62300623	0,0454793	0,05811372	0,00015963	0,09226932
1080	6,37576785	0,04063892	0,0538507	0,00017455	0,09523336
1100	6,12721674	0,03577284	0,04987117	0,00019876	0,09826037
1120	5,87734242	0,03088086	0,04615896	0,00023342	0,10135123
1140	5,6261343	0,02596276	0,04269859	0,00028009	0,10450684
1160	5,37358167	0,02101834	0,03947521	0,00034066	0,10772811
1180	5,11967371	0,01604739	0,03647468	0,00041727	0,11101594
1200	4,86439948	0,01104969	0,03368348	0,00051229	0,1143713
1220	4,60774792	0,00602502	0,03108874	0,00062819	0,11779511
1240	4,50469915	0,00400755	0,02867824	0,00060864	0,11918402
1260	4,40142749	0,00198572	0,02644036	0,00059803	0,1205841
1280	4,3	0	0,02436406	0,00059361	0,12196714

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 1020 minutos de prueba en donde tenemos un 7.11% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 1280 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.3% como se observa en la **Tabla N°9**.

Tabla 11. Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 45°C

Cinética de secado de cacao Nacional 45°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	49,6014862	1	1	0	0,52528854
20	45,4268194	0,90784702	0,93521547	0,00074903	0,40020167
40	41,4488112	0,82003515	0,87620862	0,00315546	0,2968104
60	38,4626642	0,75411796	0,82147051	0,00453637	0,22933169
80	36,4371552	0,7094062	0,77048152	0,0037302	0,18850717
100	34,6567732	0,67010546	0,72288602	0,00278579	0,15592499
120	33,3755843	0,64182407	0,67840085	0,00133786	0,13438969

140	32,1856227	0,61555647	0,63678558	0,00045068	0,11582069
160	31,2121708	0,59406817	0,59782919	1,4145E-05	0,10165645
180	30,1553027	0,57073851	0,56134286	8,8278E-05	0,08732405
200	28,4255319	0,53255498	0,52715562	2,9153E-05	0,06621508
220	27,5	0,51212448	0,49511142	0,00028944	0,05611801
240	25,9030837	0,47687362	0,46506702	0,0001394	0,04065931
260	25,2444444	0,4623346	0,43689042	0,00064741	0,03500735
280	24,2342342	0,44003488	0,41045957	0,0008747	0,02715997
300	22,6524418	0,40511788	0,38566139	0,00037855	0,01687032
320	22,0574606	0,39198406	0,36239088	0,00087576	0,01363103
340	20,6828256	0,36163992	0,34055043	0,00044477	0,00746631
360	20,0038048	0,34665099	0,32004917	0,00070766	0,00510066
380	19,1346154	0,32746421	0,3008024	0,00071085	0,0027282
400	18,3495146	0,31013363	0,28273114	0,0007509	0,00121812
420	18,1827026	0,30645137	0,26576166	0,00165565	0,00097464
440	17,589417	0,29335499	0,2498251	0,00189485	0,00032844
460	17,0815874	0,28214499	0,23485711	0,00223614	4,7788E-05
480	16,318408	0,26529832	0,22079752	0,00198032	9,868E-05
500	15,0505051	0,23731021	0,20759006	0,00088329	0,00143807
520	13,849621	0,21080149	0,19518205	0,00024397	0,0041513
540	12,7457592	0,18643448	0,1835242	8,4697E-06	0,00788501
560	12,0338894	0,17072044	0,17257036	3,4222E-06	0,01092268
580	11,5295603	0,15958771	0,1622773	7,2339E-06	0,01337362
600	11,0523533	0,14905368	0,15260451	1,2608E-05	0,01592099
620	10,6839422	0,14092125	0,14351403	6,7225E-06	0,0180394
640	10,3124667	0,13272118	0,1349703	5,0585E-06	0,02030936
660	9,64761495	0,11804502	0,12693996	7,912E-05	0,02470777
680	9,18416932	0,10781477	0,11939175	0,00013403	0,02802855
700	8,82974687	0,09999113	0,11229634	0,00015142	0,03070939
720	8,51735016	0,09309518	0,10562622	0,00015703	0,03317385
740	8,24286727	0,08703616	0,09935561	0,00015177	0,0354177
760	7,94154671	0,08038471	0,09346028	0,00017097	0,0379655
780	7,63316859	0,07357747	0,08791752	0,00020564	0,04066458
800	7,71621097	0,05333624	0,08270602	0,00086258	0,04923776
820	7,43600156	0,04715081	0,07780577	0,00093973	0,05202107
840	6,19074177	0,04173686	0,07319799	0,0009898	0,05452002
860	5,99675851	0,03745481	0,06886505	0,0009866	0,05653803
880	5,79141929	0,03292208	0,0647904	0,00101559	0,05871413
900	5,61696874	0,0290712	0,06095849	0,0010168	0,06059517
920	5,44718646	0,02532337	0,05735474	0,00102601	0,06245436
940	5,28745988	0,02179752	0,05396543	0,00103477	0,06422908
960	5,13789408	0,01849595	0,05077769	0,00104211	0,06591344
980	5,00931835	0,01565773	0,04777945	0,0010318	0,06737884
1000	4,88577245	0,01293053	0,04495933	0,00102584	0,0688021
1020	4,78347014	0,01067228	0,04230667	0,00100073	0,06999189

1040	4,65393118	0,00781279	0,03981145	0,00102391	0,07151307
1060	4,58902944	0,00638013	0,03746426	0,00096622	0,07228137
1080	4,50235621	0,00446688	0,03525624	0,00094798	0,07331379
1100	4,4100932	0,00243023	0,03317909	0,00094549	0,07442084
1120	4,3	0	0,03122499	0,000975	0,0757527

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 820 minutos de prueba en donde tenemos un 7.43% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 1120 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.3% como se observa en la **Tabla N°10**.

Tabla 12. Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 50°C

Cinética de secado de cacao Nacional 50°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	41,4773256	1	1	0	0,61256342
20	36,63579	0,87046865	0,90934884	0,00151167	0,42658266
40	32,9807249	0,77268035	0,82770496	0,00302771	0,30840769
60	30,7435531	0,71282663	0,75366025	0,00166738	0,24551127
80	28,7197493	0,6586814	0,68639798	0,00076821	0,19478604
100	27,1323813	0,61621266	0,62524587	8,1599E-05	0,15910284
120	25,334177	0,56810317	0,56961957	2,2995E-06	0,12303782
140	23,8863132	0,52936675	0,51900095	0,00010745	0,09736338
160	22,3779961	0,48901295	0,47292631	0,00025878	0,07380853
180	21,0999206	0,45481907	0,43097842	0,00056838	0,05639836
200	19,7074084	0,41756354	0,39278075	0,00061419	0,04009119
220	18,4484472	0,38388105	0,3579927	0,00067021	0,02773736
240	17,2945506	0,35300949	0,32630579	0,00071309	0,01840738
260	16,1634103	0,32274675	0,29744027	0,00064042	0,01111149
280	15,233691	0,29787286	0,27114228	0,00071452	0,00648624
300	14,1193595	0,26805983	0,24718129	0,00043591	0,00257294
320	12,7904291	0,23250538	0,22534785	5,123E-05	0,00023012
340	11,816908	0,20645961	0,20545157	1,0161E-06	0,00011829
360	11,1069259	0,18746461	0,18731937	2,1096E-08	0,00089228
380	10,4619179	0,17020795	0,1707938	3,4322E-07	0,00222102
400	9,90217132	0,15523238	0,15573164	2,4926E-07	0,00385682
420	9,40933736	0,14204701	0,14200256	1,9759E-09	0,00566839
440	8,75700754	0,12459446	0,12948795	2,3946E-05	0,00860094
460	8,30500243	0,11250143	0,11807984	3,1119E-05	0,01099022
480	8,58688204	0,0932887	0,10767995	0,00020711	0,01538766
500	8,18253773	0,08247079	0,09819877	0,00024737	0,01818854
520	7,87580152	0,07426432	0,0895548	0,0002338	0,02046942

540	7,59014447	0,06662179	0,08167382	0,00022656	0,02271468
560	7,3259737	0,05955412	0,07448822	0,00022303	0,02489502
580	7,07899711	0,05294646	0,06793643	0,0002247	0,02702382
600	5,8776609	0,04755987	0,06196235	0,00020743	0,02882383
620	5,7084353	0,04303238	0,05651487	0,00018178	0,03038164
640	5,5716715	0,03937338	0,05154742	0,00014821	0,03167059
660	5,42029857	0,03532352	0,04701757	0,00013675	0,03312843
680	5,29219965	0,03189633	0,04288667	0,00012079	0,03438776
700	5,16375327	0,02845985	0,03911946	0,00011363	0,03567408
720	5,05883536	0,02565286	0,03568385	0,00010062	0,03674231
740	4,95368506	0,02283965	0,03255058	9,4302E-05	0,03782871
760	4,85309681	0,02014849	0,02969296	9,1097E-05	0,03888279
780	4,77151216	0,01796576	0,02708669	8,3191E-05	0,03974837
800	4,69459869	0,01590801	0,0247096	7,7468E-05	0,04057311
820	4,62237939	0,01397584	0,0225415	7,3371E-05	0,04135523
840	4,55487589	0,01216984	0,02056397	7,0461E-05	0,04209303
860	4,4582764	0,00958539	0,01876022	8,4177E-05	0,04316019
880	4,4002228	0,00803222	0,01711495	8,2496E-05	0,04380794
900	4,35663627	0,0068661	0,01561421	7,653E-05	0,04429745
920	4,30816016	0,00556916	0,01424528	7,5275E-05	0,04484507
940	4,240211	0,00375123	0,01299655	8,5476E-05	0,04561832
960	4,17702888	0,00206085	0,01185745	9,5973E-05	0,04634326
980	4,14297319	0,00114971	0,01081834	9,3482E-05	0,04673638
1000	4,1	0	0,00987042	9,7425E-05	0,0472348

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 580 minutos de prueba en donde tenemos un 7.07% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 1000 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.1% como se observa en la **Tabla N°11**.

Tabla 13. Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 55°C

Cinética de secado de cacao Nacional 55°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	47,5251329	1	1	0	0,47989749
20	43,2144961	0,90050494	0,93643311	0,00129083	0,35194707
40	39,0434395	0,80423157	0,8723174	0,00463568	0,24698704
60	36,6227137	0,74835809	0,81086613	0,00390725	0,19457312
80	34,6204476	0,7021432	0,75267764	0,00255373	0,15593775
100	32,8663881	0,66165725	0,6979172	0,00131478	0,1256019
120	31,21249	0,62348314	0,64658173	0,00053354	0,10000108
140	29,7802151	0,59042439	0,59858733	6,6634E-05	0,08018566

160	28,3309283	0,55697298	0,55380795	1,0017E-05	0,06235974
180	26,696185	0,51924099	0,51209537	5,106E-05	0,04493863
200	25,3608999	0,48842089	0,47329058	0,00022893	0,03282156
220	24,1975765	0,46156988	0,43723065	0,0005924	0,0238135
240	23,1310384	0,43695281	0,40375305	0,00110222	0,01682187
260	21,7474338	0,40501743	0,37269842	0,00104452	0,00955775
280	20,5024979	0,3762827	0,3439123	0,00104784	0,00476501
300	19,4317456	0,35156835	0,31724628	0,001178	0,00196379
320	18,5144675	0,33039639	0,29255867	0,00143169	0,00053559
340	17,638191	0,3101708	0,26971483	0,00163668	8,5097E-06
360	16,8231413	0,2913584	0,24858737	0,00182936	0,00025266
380	15,8364999	0,26858544	0,22905608	0,00156257	0,00149523
400	14,9984441	0,24924203	0,21100789	0,00146185	0,00336535
420	13,8275499	0,22221628	0,19433662	0,00077728	0,00723136
440	12,8191489	0,19894108	0,17894281	0,00039993	0,01173161
460	12,2637974	0,18612286	0,16473339	0,00045751	0,01467267
480	10,8415384	0,15329528	0,15162144	2,8018E-06	0,02370318
500	9,34233088	0,11869164	0,13952583	0,00043406	0,03555564
520	8,36920669	0,09623067	0,128371	0,001033	0,0445307
540	7,78146627	0,08266487	0,11808655	0,0012547	0,05044013
560	7,33830846	0,07243621	0,10860703	0,00130833	0,05513924
580	6,94901783	0,06345088	0,0998716	0,00132647	0,0594398
600	6,62564804	0,05598709	0,09182376	0,00128427	0,06313489
620	5,99369085	0,0414007	0,08441104	0,00184989	0,0706778
640	6,09064344	0,04363849	0,07758482	0,00115235	0,06949296
660	5,88032617	0,0387841	0,0713	0,00105728	0,07207591
680	5,66363532	0,03378259	0,0655148	0,00100693	0,07478643
700	5,47866205	0,02951317	0,06019052	0,0009411	0,07713978
720	5,27106693	0,02472161	0,05529137	0,00093451	0,07982436
740	5,12301013	0,02130427	0,0507842	0,00086907	0,08176706
760	4,99101501	0,01825765	0,04663838	0,00080547	0,0835187
780	4,8917774	0,01596712	0,04282558	0,00072138	0,08484785
800	4,34782609	0,00341202	0,03931962	0,00128936	0,09231975
820	4,2	0	0,03609632	0,00130294	0,09440481

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 540 minutos de prueba en donde tenemos un 7.78% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 820 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.2% como se observa en la **Tabla N°12**.

Tabla 14. Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 60°C

Cinética de secado de cacao Nacional 60°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	44,8024844	1	1	0	0,52383138
20	39,1742714	0,86172311	0,92692604	0,00425142	0,34279277
40	36,2170088	0,78906753	0,85023672	0,00374167	0,26299409
60	33,59579	0,72466805	0,77642721	0,00267901	0,20108948
80	31,4733438	0,67252268	0,70688833	0,001181	0,15704152
100	29,4885467	0,62375914	0,64209246	0,00033611	0,12077092
120	28,1210593	0,59016199	0,58213935	6,4363E-05	0,09854825
140	26,1030891	0,54058344	0,52694391	0,00018604	0,06987849
160	24,1638758	0,49293983	0,47632183	0,00027616	0,04695967
180	22,8507421	0,46067807	0,43003516	0,00093899	0,03401813
200	21,5769997	0,4293841	0,38781878	0,00172768	0,02345372
220	20,2027516	0,39562085	0,34939664	0,00213668	0,01425226
240	18,9427745	0,36466507	0,31449201	0,00251734	0,00781934
260	17,6710828	0,33342148	0,28283409	0,00255908	0,00326995
280	15,2307692	0,27346658	0,25416217	0,00037266	7,681E-06
300	13,4464342	0,2296281	0,22822823	1,9596E-06	0,00217249
320	12,0276743	0,19477126	0,20479838	0,00010054	0,00663683
340	11,1194752	0,17245815	0,18365361	0,00012534	0,01077026
360	10,2118414	0,15015893	0,16458997	0,00020825	0,01589594
380	9,5386636	0,13361994	0,14741843	0,0001904	0,02033992
400	8,84526304	0,11658411	0,13196443	0,00023655	0,02548937
420	8,2482238	0,10191574	0,11806734	0,00026087	0,03038826
440	8,13483146	0,07456133	0,10557969	0,00096214	0,04067349
460	7,87848572	0,0682633	0,09436652	0,00068138	0,04325349
480	7,50981279	0,05920555	0,08430451	0,00062996	0,0471031
500	7,19679946	0,05151527	0,07528123	0,00056482	0,05050032
520	7,08873912	0,04640353	0,06719436	0,00043226	0,0528239
540	5,94594595	0,04535217	0,0599509	0,00021312	0,05330828
560	5,76901152	0,04100515	0,05346647	0,00015528	0,05533451
580	5,57523135	0,03624426	0,0476646	0,00013042	0,05759701
600	5,38065255	0,03146374	0,04247609	0,00012127	0,05991445
620	5,23962394	0,02799888	0,03783833	9,6815E-05	0,06162268
640	5,0927255	0,0243898	0,03369483	8,6584E-05	0,06342753
660	4,90709314	0,01982909	0,02999457	0,00010334	0,06574555
680	4,78659063	0,01686852	0,02669159	9,6493E-05	0,06727255
700	4,65478456	0,01363024	0,02374446	0,0001023	0,06896286
720	4,5997576	0,01227831	0,02111593	7,8104E-05	0,06967474
740	4,1	0	0,01877248	0,00035241	0,07630745

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 500 minutos de prueba en donde tenemos un 7.19% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 740 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.1% como se observa en la **Tabla N°13**.

Tabla 15. Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 65°C

Cinética de secado de cacao Nacional 65°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	45,3513357	1	1	0	0,50790912
20	40,612693	0,88484839	0,92102445	0,00130871	0,3570371
40	37,2745343	0,8037293	0,84238011	0,00149389	0,26667591
60	34,5823096	0,73830677	0,76826445	0,00089746	0,20338674
80	31,8318198	0,67146836	0,69934281	0,00077699	0,14756799
100	29,8216713	0,62262065	0,63569118	0,00017084	0,1124248
120	27,8546933	0,574822	0,57716326	5,4815E-06	0,08265592
140	25,8808177	0,52685575	0,52351328	1,1172E-05	0,05737614
160	24,1250334	0,48418923	0,47445039	9,4845E-05	0,03875648
180	22,5102319	0,44494867	0,4296664	0,00023355	0,02484599
200	20,9574172	0,40721442	0,38885116	0,00033721	0,01437405
220	19,569527	0,37348793	0,35170143	0,00047465	0,00742447
240	18,0769231	0,33721683	0,31792601	0,00037214	0,00248944
260	17,128684	0,3141741	0,28724863	0,00072498	0,000721
280	15,8476962	0,2830454	0,25940948	0,00055866	1,8294E-05
300	14,7829566	0,25717164	0,23416578	0,00052927	0,00090908
320	13,5157083	0,22637681	0,21129182	0,00022756	0,00371439
340	12,4672523	0,20089876	0,19057861	0,00010651	0,00746908
360	11,599917	0,17982204	0,17183321	6,3821E-05	0,01155636
380	10,7619796	0,1594597	0,15487805	2,0992E-05	0,01634891
400	10,0126743	0,14125117	0,13955001	2,8939E-06	0,02133685
420	9,29415522	0,12379076	0,12569959	3,6436E-06	0,02674265
440	8,66698826	0,10855026	0,11318996	2,1527E-05	0,03195954
460	7,84812739	0,08865149	0,10189611	0,00017542	0,0394702
480	7,60221234	0,08267562	0,09170395	8,1511E-05	0,04188037
500	7,07819828	0,06994179	0,08250948	0,00015795	0,0472544
520	6,5584558	0,05731177	0,07421803	0,00028582	0,05290497
540	6,02768433	0,04441373	0,06674346	0,00049862	0,0590047
560	5,64784053	0,03518332	0,06000749	0,00061624	0,0635742
580	5,3543657	0,02805172	0,05393902	0,00067015	0,06722137
600	5,13305868	0,02267384	0,04847354	0,00066562	0,07003895
620	4,94784403	0,01817302	0,04355254	0,00064412	0,07244148
640	4,76722741	0,01378394	0,03912301	0,00064207	0,07482338
660	4,58592306	0,00937814	0,0351369	0,00066351	0,07725311

680	4,47359569	0,00664853	0,03155076	0,00062012	0,07877792
700	4,3019207	0,00247673	0,02832524	0,00066815	0,08113715
720	4,2	0	0,02542477	0,00064642	0,08255426

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 460 minutos de prueba en donde tenemos un 7.28% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 720 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.2% como se observa en la **Tabla N°14**.

Tabla 16. Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 70°C

Cinética de secado de cacao Nacional 70°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	43,643178	1	1	0	0,48894773
20	37,5995754	0,84638753	0,88466153	0,0014649	0,29771811
40	33,2571039	0,73601334	0,77740806	0,00171352	0,18945241
60	29,8530615	0,64949155	0,68134871	0,00101488	0,12161925
80	26,9335938	0,57528636	0,59611357	0,00043377	0,0753691
100	24,8191318	0,52154231	0,5208542	4,7349E-07	0,04874835
120	22,7027399	0,4677492	0,45461433	0,00017252	0,02788805
140	20,7007965	0,41686507	0,39644649	0,00041692	0,01348224
160	18,9387771	0,37207917	0,34545702	0,00070874	0,00508756
180	17,4028529	0,33304002	0,30082344	0,00103791	0,00104251
200	15,9222785	0,29540772	0,26179955	0,00112951	2,8562E-05
220	14,4778043	0,25869299	0,22771459	0,00095966	0,00176896
240	13,1102196	0,22393259	0,19796946	0,00067408	0,00590123
260	11,8293624	0,19137657	0,17203159	0,00037423	0,01196299
280	10,7740676	0,16455375	0,14942921	0,00022875	0,01854997
300	9,77768358	0,13922829	0,12974561	8,9921E-05	0,02608992
320	8,93110062	0,11771038	0,11261355	2,5978E-05	0,03350424
340	7,39494227	0,07358181	0,09771	0,00058217	0,05160631
360	7,21923428	0,04878188	0,08475128	0,0012938	0,06348895
380	6,07081989	0,04500958	0,07348859	0,00081105	0,0654042
400	5,25188801	0,02419449	0,06370401	0,001561	0,07648407
420	4,80181986	0,01275494	0,05520685	0,00180216	0,08294232
440	4,44222552	0,003615	0,0478304	0,001955	0,08829041
460	4,38894052	0,00226063	0,04142904	0,00153416	0,08909711
480	4,27031638	-0,00075448	0,03587569	0,00134177	0,09090617
500	4,3	0	0,03105949	0,00096469	0,09045178

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 360 minutos de prueba en donde tenemos un 7.21% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 500 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.3% como se observa en la **Tabla N°15**.

Tabla 17. Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 75°C

Cinética de secado de cacao Nacional 75°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	49,5047279	1	1	0	0,4929429
20	43,8017161	0,87384037	0,92553714	0,00267256	0,33170607
40	39,4629163	0,77785926	0,83206446	0,0029382	0,23035986
60	36,0013512	0,70128397	0,7371273	0,00128474	0,16271776
80	32,9306559	0,63335534	0,64610826	0,00016264	0,11252957
100	29,9941093	0,56839429	0,56151975	4,7259E-05	0,07316658
120	27,2547077	0,5077944	0,48450852	0,00054223	0,04405521
140	24,3482639	0,44349927	0,41544939	0,0007868	0,02119884
160	21,4159132	0,37863104	0,35425391	0,00059424	0,00651733
180	19,4003403	0,33404339	0,30055451	0,0011215	0,00130627
200	17,5707476	0,2935699	0,25382243	0,00157986	1,8759E-05
220	14,8917969	0,23430728	0,21344589	0,0004352	0,00404417
240	13,080984	0,19424924	0,17878239	0,00023922	0,0107437
260	10,7061475	0,1417141	0,14919355	5,5942E-05	0,02439437
280	9,21791667	0,10879209	0,12406748	0,00023334	0,03576221
300	7,93929577	0,08050697	0,10283259	0,00049843	0,04726019
320	7,2414286	0,05141371	0,08496522	0,0011257	0,06075602
340	5,81143005	0,03343522	0,06999285	0,00133646	0,06994219
360	5,51188273	0,02680876	0,05749449	0,00094161	0,07349104
380	5,2488983	0,02099113	0,04709892	0,00068162	0,07667912
400	5,02310375	0,0159962	0,03848178	0,0005056	0,07947036
420	4,83504164	0,01183597	0,03136188	0,00038126	0,08183324
440	4,66848492	0,00815147	0,02549713	0,00030087	0,08395483
460	4,52366345	0,00494779	0,02068041	0,00024752	0,08582163
480	4,39518488	0,00210564	0,01673551	0,00021403	0,08749494
500	4,3	0	0,01351332	0,00018261	0,08874505

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 320 minutos de prueba en donde tenemos un 7.24% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 500 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.3% como se observa en la **Tabla N°16**,

Tabla 18. Datos de secado de cacao Nacional Ecuatoriano a 80°C

Cinética de secado de cacao Nacional 80°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	50,6059368	1	1	0	0,53113127
20	41,1159537	0,79594039	0,85003058	0,00292575	0,2753394
40	36,0181142	0,68632343	0,72779085	0,00171955	0,17231712
60	31,882434	0,59739543	0,62476143	0,0007489	0,10639533
80	29,1196068	0,53798737	0,53721567	5,9553E-07	0,07116885
100	26,3441402	0,47830754	0,46250705	0,00024966	0,04288837
120	23,9181179	0,42614168	0,39857625	0,00075985	0,02400306
140	21,5043005	0,37423825	0,34375928	0,00092897	0,01061431
160	19,3123242	0,32710499	0,29668496	0,00092538	0,00312398
180	17,3373199	0,28463721	0,25621001	0,00080811	0,00018022
200	15,5537666	0,24628612	0,22137384	0,00062062	0,00062132
220	13,7938069	0,20844235	0,19136494	0,00029164	0,00394009
240	12,2196315	0,17459344	0,16549504	8,2781E-05	0,00933524
260	10,935136	0,14697341	0,14317858	1,4401E-05	0,01543534
280	9,6940765	0,12028736	0,12391618	1,3168E-05	0,02277839
300	8,55396744	0,09577202	0,10728113	0,00013246	0,03077935
320	7,6252063	0,07580121	0,09290818	0,00029265	0,03818556
340	6,88367169	0,05985627	0,0804843	0,00042552	0,04467144
360	6,13563973	0,04377161	0,06974086	0,0006744	0,05172934
380	5,65990099	0,03354198	0,06044711	0,00072389	0,05648726
400	5,47606732	0,02958907	0,05240464	0,00052055	0,05838187
420	4,92024234	0,01763737	0,04544273	0,00077314	0,06430033
440	4,61998451	0,01118104	0,03941438	0,00079712	0,06761634
460	4,39782609	0,00640404	0,03419291	0,00077222	0,0701235
480	4,19757017	0,00209802	0,02966911	0,00076017	0,07242259
500	4,1	0	0,02574875	0,000663	0,0735562

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 320 minutos de prueba en donde tenemos un 7.62% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 500 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.1% como se observa en la **Tabla N°17**.

ANEXO 4. _ TABLAS DE DATOS DE CACAO MEJORADO CCN-51:

Tabla 19. Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 40°C

Cinética de secado de cacao mejorado 40°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	48,67975042	1	1	0	0,45780536
20	46,23509986	0,94516231	0,934499801	0,000113689	0,38660472
40	43,3008134	0,879341249	0,882676747	1,11255E-05	0,30908529
60	40,622502	0,819262146	0,836602354	0,000300683	0,24589231
80	38,23728109	0,765757564	0,794615586	0,000832785	0,19569185
100	35,91264492	0,713612001	0,755884786	0,001786988	0,15227567
120	34,10584093	0,6730823	0,719890412	0,002190999	0,12228691
140	32,58458833	0,638958004	0,686268235	0,002238258	0,09958515
160	31,02747875	0,604029374	0,654744122	0,002571986	0,07876023
180	30,022374	0,581483157	0,625101648	0,001902573	0,0666137
200	29,02782754	0,55917378	0,597164024	0,001443259	0,05559548
220	28,06560949	0,537589584	0,570783132	0,001101812	0,04588281
240	27,29108039	0,520215573	0,545832435	0,000656224	0,03874155
260	26,57688268	0,504194897	0,522202167	0,000324262	0,03269155
280	25,91784579	0,489411573	0,499795935	0,000107835	0,02756421
300	25,30794369	0,475730427	0,478528229	7,82769E-06	0,02320857
320	24,72607512	0,46267812	0,458322561	1,89709E-05	0,01940206
340	24,2438729	0,4518615	0,439110033	0,0001626	0,01650574
360	23,69426343	0,43953282	0,420828211	0,000349862	0,01348989
380	23,17140179	0,42780414	0,40342023	0,000594575	0,01090297
400	22,52534142	0,413311902	0,386834064	0,000701076	0,00808652
420	22,19821943	0,405973996	0,371021936	0,001221646	0,00682064
440	21,73454941	0,395573085	0,355939815	0,001570796	0,00521085
460	21,3044198	0,385924543	0,341547001	0,001969366	0,00391096
480	20,85636279	0,375873858	0,327805777	0,00231054	0,00275489
500	20,39251147	0,36546888	0,3146811	0,002579399	0,0017709
520	19,92319094	0,354941219	0,302140343	0,002787933	0,00099568
540	19,51921449	0,345879336	0,290153071	0,003105417	0,00050591
560	19,11664625	0,336849043	0,27869084	0,003382377	0,00018123
580	18,09097174	0,31384141	0,267727026	0,002126536	9,1115E-05
600	17,50251623	0,300641347	0,257236671	0,001883966	0,00051736
620	16,34699982	0,274721139	0,247196345	0,000757614	0,00236835
640	16,24088234	0,272340743	0,237584027	0,001208029	0,0026057
660	15,09198071	0,246568915	0,228378996	0,000330873	0,00590099
680	14,57629555	0,235001216	0,219561733	0,000238378	0,00781202
700	14,19701837	0,22649338	0,21111383	0,000236531	0,00938834
720	13,85184111	0,218750465	0,203017916	0,000247513	0,01094877
740	13,4566373	0,209885367	0,195257581	0,000213972	0,01288259
760	13,09275712	0,201722913	0,187817309	0,000193366	0,01480211
780	12,75143151	0,194066396	0,180682421	0,000179131	0,01672378

800	12,41709654	0,186566691	0,173839018	0,000161994	0,01871976
820	12,10294716	0,179519784	0,167273932	0,000149961	0,02069773
840	11,80290156	0,172789248	0,160974678	0,000139584	0,02267964
860	11,49091451	0,165790845	0,154929412	0,000117971	0,0248365
880	11,16675387	0,158519368	0,149126892	8,82186E-05	0,02718129
900	10,88032394	0,152094255	0,143556441	7,28943E-05	0,02934115
920	10,6021287	0,145853861	0,138207916	5,84605E-05	0,03151796
940	10,30188679	0,139118921	0,133071671	3,65692E-05	0,03395467
960	10,0268746	0,132949928	0,128138535	2,31495E-05	0,03626622
980	9,746744124	0,126666122	0,12339978	1,0669E-05	0,03869904
1000	8,927203065	0,108282416	0,118847096	0,000111612	0,04626992
1020	7,971659762	0,086847946	0,114472573	0,00076312	0,05595065
1040	7,268314853	0,062098034	0,110268671	0,00232041	0,06827184
1060	6,527723162	0,05445798	0,106228209	0,002680157	0,07232274
1080	6,288192391	0,049084896	0,102344335	0,002836568	0,07524156
1100	6,043717143	0,043600898	0,09861052	0,003026059	0,07828018
1120	5,797962985	0,038088212	0,095020531	0,003241289	0,08139531
1140	5,565929045	0,032883294	0,091568423	0,003443944	0,08439232
1160	5,366669321	0,028413558	0,088248517	0,003580222	0,08700924
1180	5,132503193	0,023160811	0,085055393	0,003830939	0,09013567
1200	4,916196648	0,018308686	0,081983874	0,00405453	0,09307269
1220	4,718002165	0,013862845	0,079029014	0,00424663	0,09580511
1240	4,530484376	0,0096565	0,076186084	0,004426185	0,09842673
1260	4,342227051	0,005433567	0,073450565	0,004626312	0,10109429
1280	4,1	0	0,070818137	0,005015209	0,10457905

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 1040 minutos de prueba en donde tenemos un 7.26% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 1280 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.1% como se observa en la **Tabla N°18**.

Tabla 20. Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 45°C

Cinética de secado de cacao mejorado 45°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	48,46188141	1	1	0	0,51331616
20	44,36557018	0,906608857	0,939949138	0,001111574	0,38821587
40	40,46914025	0,817774776	0,884058814	0,004393574	0,28540772
60	37,34756924	0,746606579	0,831686856	0,007238653	0,21443145
80	35,38470138	0,70185547	0,782536239	0,006509387	0,17498855
100	33,82752798	0,666353723	0,736373253	0,004902735	0,14654701
120	32,55345839	0,637306415	0,692995598	0,003101285	0,12515128

140	31,61179637	0,615837614	0,652221742	0,001323805	0,11042228
160	30,55805851	0,591813613	0,613885971	0,000487189	0,09503315
180	29,65588584	0,571245123	0,577835591	4,34343E-05	0,08277473
200	28,73874985	0,550335487	0,543929105	4,10417E-05	0,07118029
220	27,91219756	0,531491053	0,512034909	0,000378542	0,06148015
240	26,90252616	0,508471717	0,482030302	0,000699148	0,05059466
260	26,03966731	0,488799537	0,45380067	0,001224921	0,04213183
280	25,30852232	0,472130279	0,427238818	0,002015243	0,03556662
300	24,71997916	0,458712178	0,402244387	0,003188611	0,03068559
320	23,18936877	0,423816037	0,378723341	0,002033351	0,01967761
340	21,94463201	0,395437483	0,356587519	0,00150932	0,01252124
360	20,35001895	0,359082156	0,33575422	0,000544193	0,00570675
380	19,72500955	0,344832667	0,316145836	0,000822934	0,0037569
400	19,61057024	0,342223584	0,29768951	0,001983284	0,00344386
420	18,48822451	0,316635403	0,280316826	0,001319039	0,00109536
440	17,98219164	0,305098441	0,263963522	0,001692082	0,0004648
460	17,4315203	0,292543774	0,248569224	0,001933761	8,1083E-05
480	16,95998851	0,281793396	0,234077199	0,002276835	3,0476E-06
500	16,4407821	0,269956092	0,220434126	0,002452425	0,0001845
520	14,68634686	0,229957005	0,207589887	0,000500288	0,00287105
540	13,18388344	0,195702582	0,195497363	4,21149E-08	0,00771526
560	12,59970514	0,182383994	0,18411225	2,98687E-06	0,01023236
580	12,11464629	0,171325216	0,173392891	4,27528E-06	0,01259196
600	11,69843028	0,161835974	0,163300107	2,14369E-06	0,01481166
620	11,31909018	0,153187459	0,153797052	3,71603E-07	0,01699156
640	10,974201	0,145324386	0,144849069	2,25927E-07	0,01910332
660	10,0983785	0,12535665	0,136423555	0,000122476	0,0250217
680	9,6875	0,115989097	0,128489843	0,000156269	0,02807302
700	9,368874951	0,108724815	0,121019078	0,000151149	0,03056005
720	9,069456462	0,101898421	0,113984113	0,000146064	0,03299335
740	8,796844181	0,095683177	0,107359407	0,000136334	0,03528986
760	8,4936278	0,088770196	0,101120924	0,00015254	0,03793494
780	7,204495284	0,05937947	0,095246049	0,001286411	0,05024756
800	7,134300451	0,050939458	0,089713499	0,001503426	0,05410261
820	6,582084125	0,045189218	0,084503243	0,001545593	0,05681069
840	6,343676578	0,039753803	0,079596432	0,001587435	0,05943129
860	6,149786889	0,035333343	0,074975325	0,001571487	0,06160612
880	5,98950921	0,031679198	0,070623224	0,001516637	0,06343343
900	5,80950053	0,027575209	0,066524412	0,00151704	0,06551753
920	5,64805746	0,023894494	0,062664096	0,001503082	0,06741534
940	5,509236554	0,020729538	0,059028351	0,001466799	0,06906889
960	5,373879589	0,017643557	0,055604068	0,001441	0,07070046
980	5,245901639	0,014725808	0,052378908	0,001417756	0,07226061
1000	5,152609124	0,012598847	0,049341255	0,001350005	0,07340864
1020	5,031834052	0,009845315	0,046480175	0,001342113	0,07490831

1040	4,934210526	0,007619612	0,043785371	0,001307962	0,07613159
1060	4,820715491	0,005032057	0,041247152	0,001311533	0,0775662
1080	4,726583426	0,002885955	0,038856394	0,001293872	0,07876621
1100	4,620462046	0,000466511	0,036604504	0,001305955	0,08013011
1120	4,6	0	0,034483396	0,001189105	0,08039444

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 800 minutos de prueba en donde tenemos un 7.13% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 1120 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.6% como se observa en la **Tabla N°19**.

Tabla 21. Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 50°C

Cinética de secado de cacao mejorado 50°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	42,4822953	1	1	0	0,61649106
20	37,6691101	0,87394196	0,89387311	0,00039725	0,43442785
40	33,1380775	0,75527355	0,80630069	0,00260377	0,29207863
60	30,5315678	0,68700867	0,72961813	0,00181557	0,22295218
80	28,4079672	0,63139125	0,66155383	0,00090978	0,17352282
100	26,6421562	0,5851444	0,60071833	0,00024255	0,13713234
120	25,0739208	0,54407208	0,54610563	4,1353E-06	0,10839998
140	23,5411261	0,50392796	0,49692826	4,8996E-05	0,08357731
160	22,2985404	0,47138445	0,45254269	0,00035501	0,06581991
180	20,9533019	0,43615246	0,41240883	0,00056376	0,04898339
200	19,7644228	0,40501554	0,37606527	0,00083812	0,03617033
220	18,6595191	0,37607795	0,34311292	0,00108669	0,02600072
240	17,6015348	0,34836918	0,31320344	0,00123663	0,01783256
260	16,888058	0,32968311	0,28603062	0,00190554	0,01319111
280	15,6654574	0,29766302	0,26132387	0,00132053	0,00686122
300	14,0521657	0,25541067	0,23884299	0,00027449	0,00164675
320	12,7530643	0,22138701	0,21837405	9,078E-06	4,2987E-05
340	12,0016669	0,2017078	0,1997259	3,9279E-06	0,00017221
360	11,2993559	0,18331417	0,18272735	3,4437E-07	0,00099328
380	10,7180607	0,16808997	0,16722474	7,4862E-07	0,00218468
400	10,205528	0,15466666	0,15307991	2,5178E-06	0,00361969
420	9,78353745	0,14361466	0,14016842	1,1877E-05	0,0050717
440	9,13654618	0,12666986	0,12837803	2,9178E-06	0,00777231
460	8,727443	0,11595539	0,11760737	2,729E-06	0,0097763
480	7,84449213	0,09283078	0,10776481	0,00022303	0,01488394
500	7,44731363	0,08242861	0,09876739	0,00026696	0,01753027
520	7,169286	0,07514703	0,09053998	0,00023694	0,01951149

540	7,01010617	0,06835907	0,08301446	0,00021478	0,02145389
560	6,69759564	0,06279339	0,07612903	0,00017784	0,0231153
580	6,45649526	0,05647893	0,06982755	0,00017819	0,02507524
600	6,29391317	0,05222088	0,06405904	0,00014014	0,0264419
620	6,12728755	0,04785693	0,05877714	0,00011925	0,02788019
640	5,97402597	0,04384299	0,05393966	0,00010194	0,02923675
660	5,83076294	0,04009091	0,04950824	8,8686E-05	0,03053394
680	6,04723592	0,04576037	0,04544791	9,7628E-08	0,02858473
700	5,56756354	0,03319768	0,04172684	7,2747E-05	0,0329905
720	5,46539825	0,03052195	0,03831601	6,0747E-05	0,03396966
740	5,34887196	0,02747011	0,03518895	5,958E-05	0,03510393
760	5,2426894	0,02468918	0,03232153	5,8253E-05	0,03615374
780	5,15757167	0,02245993	0,02969172	5,2299E-05	0,03700646
800	5,08296812	0,02050605	0,02727942	4,5879E-05	0,03776201
820	4,99756308	0,01826928	0,02506627	4,6199E-05	0,03863633
840	4,90843591	0,01593503	0,02303551	5,0417E-05	0,03955943
860	4,87987988	0,01518714	0,0211718	3,5816E-05	0,03985749
880	4,78337655	0,0126597	0,01946116	4,626E-05	0,04087305
900	4,72609693	0,01115954	0,01789077	4,5309E-05	0,04148188
920	4,64004817	0,00890591	0,01644894	5,6897E-05	0,04240496
940	4,57181592	0,0071189	0,01512495	6,4097E-05	0,04314413
960	4,51428141	0,00561206	0,01390901	6,8839E-05	0,04377238
980	4,45667748	0,00410341	0,01279215	7,5494E-05	0,04440593
1000	4,3	0	0,01176617	0,00013844	0,04615217

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 540 minutos de prueba en donde tenemos un 7.01% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 1000 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.3% como se observa en la **Tabla N°20**.

Tabla 22. Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 55°C

Cinética de secado de cacao mejorado 55°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	46,40494033	1	1	0	0,49331807
20	42,5171386	0,907001381	0,936245883	0,000855241	0,37132867
40	37,83479477	0,794996824	0,87288215	0,006066124	0,24736983
60	35,37203055	0,736085982	0,812442242	0,005830278	0,19224019
80	33,24895186	0,685300628	0,755346898	0,00490648	0,15028546
100	31,56227758	0,644954337	0,701675612	0,003217303	0,12063145
120	29,99890763	0,607557562	0,651378171	0,001920246	0,09605265

140	28,64979582	0,575285974	0,604343995	0,000844369	0,07709065
160	27,37344085	0,544754775	0,560432484	0,000245791	0,0610687
180	25,82926829	0,507817213	0,519488543	0,00013622	0,04417701
200	24,58900524	0,478149355	0,481351296	1,02524E-05	0,03258581
220	23,64459688	0,455558523	0,445859272	9,40755E-05	0,02494017
240	22,72454969	0,433550426	0,412853598	0,000428359	0,01847329
260	21,83154608	0,412189228	0,382179984	0,000900555	0,01312291
280	20,31215613	0,375844482	0,353689945	0,000490823	0,00611689
300	19,35863132	0,353035579	0,327241528	0,000665333	0,00306934
320	18,49017525	0,332261573	0,302699705	0,000873904	0,00119907
340	17,84368308	0,316797081	0,279936534	0,0013587	0,00036723
360	17,04814761	0,297767381	0,258831164	0,001516029	1,7805E-08
380	16,10109001	0,275113178	0,239269735	0,001284752	0,00050718
400	15,36631114	0,257536814	0,221145197	0,00132435	0,00160778
420	14,30726257	0,232203718	0,204357079	0,000775435	0,00428111
440	13,5112782	0,21316328	0,188811234	0,000593022	0,00713529
460	12,20610687	0,181942775	0,17441955	5,65989E-05	0,01338445
480	10,77497575	0,147709235	0,161099659	0,000179303	0,02247742
500	7,331230284	0,065332716	0,148774642	0,006962555	0,05396386
520	6,98393664	0,059619596	0,137372732	0,00604555	0,05665083
540	6,965031569	0,056573016	0,12682702	0,004935625	0,05811037
560	6,534664335	0,046278366	0,117075173	0,005012188	0,06317963
580	6,149565146	0,037066556	0,108059159	0,00503995	0,06789537
600	5,419753086	0,019609	0,099724983	0,006418571	0,07729787
620	5,531300095	0,022277274	0,09202243	0,004864387	0,0758213
640	5,288634303	0,016472558	0,08490483	0,004682976	0,07905173
660	5,021407613	0,01008033	0,07832882	0,004657856	0,08268708
680	5,811208218	0,028972849	0,072254133	0,00187327	0,07217879
700	5,568705619	0,023172037	0,06664339	0,001889759	0,07532934
720	5,387975869	0,01884887	0,061461906	0,001815871	0,07772112
740	5,194696907	0,014225517	0,056677504	0,001802171	0,08032034
760	5,048227483	0,010721878	0,05226035	0,001725445	0,08231853
780	4,88539401	0,006826801	0,048182785	0,001710317	0,0845688
800	4,61409396	0,000337136	0,044419175	0,001943226	0,08838539
820	4,6	0	0,040945773	0,001676556	0,08858597

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 500 minutos de prueba en donde tenemos un 7.33% de humedad la cual está permitida de acuerdo a la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 820 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.6% como se observa en la **Tabla N°21.**

Tabla 23. Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 60°C

Cinética de secado de cacao mejorado 60°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	48,13287729	1	1	0	0,5156708
20	43,16810843	0,886475138	0,931730314	0,002048031	0,36551379
40	39,38730254	0,800022882	0,858029137	0,003364726	0,26845362
60	36,04852686	0,72367813	0,786155201	0,003903384	0,19516988
80	33,93214168	0,675284672	0,717806576	0,001808112	0,15475325
100	31,95020747	0,629965581	0,6536521	0,000561051	0,1211512
120	30,09819089	0,5876172	0,593932367	3,98813E-05	0,09346437
140	28,29846493	0,5464645	0,538668131	6,07834E-05	0,06999555
160	26,09406816	0,496058561	0,487756532	6,89237E-05	0,04586484
180	24,62722135	0,462517506	0,441022937	0,000462017	0,03262349
200	23,34060455	0,433097608	0,398251627	0,001214242	0,02286139
220	22,12451636	0,405290423	0,359205051	0,002123862	0,01522575
240	20,72755917	0,373347472	0,323636364	0,002471194	0,00836305
260	19,5581877	0,346608516	0,291297746	0,003059281	0,00418748
280	18,32066701	0,318311254	0,26194595	0,003177047	0,00132594
300	15,00633422	0,242525415	0,235345981	5,15443E-05	0,00155018
320	13,62022551	0,210830526	0,211273457	1,96188E-07	0,00505055
340	12,7143702	0,190117155	0,189516049	3,61328E-07	0,00842368
360	11,78579967	0,168884375	0,169874264	9,7988E-07	0,01277203
380	11,05933395	0,152272943	0,152161754	1,23632E-08	0,0168026
400	10,27355623	0,134305278	0,136205282	3,61002E-06	0,02178355
420	9,665837039	0,120409115	0,121844459	2,06021E-06	0,02607859
440	8,508616059	0,093947993	0,108931306	0,0002245	0,03532512
460	7,700004169	0,075458199	0,09732971	0,000478363	0,0426173
480	7,267015707	0,065557445	0,086914804	0,000456137	0,04680314
500	6,878666555	0,065823855	0,077572312	0,000138026	0,04668794
520	6,19041566	0,040939809	0,069197869	0,000798518	0,05806074
540	6,353100415	0,044659774	0,061696349	0,000290245	0,05628187
560	5,787234043	0,031720621	0,054981195	0,000541054	0,06258861
580	5,489631213	0,024915608	0,048973774	0,000578795	0,06603984
600	5,392701479	0,022699203	0,043602757	0,000436959	0,0671839
620	5,22260274	0,01880971	0,038803525	0,000399753	0,06921533
640	5,088524028	0,015743854	0,034517616	0,000352454	0,07083791
660	4,925494911	0,012016015	0,030692199	0,0003488	0,07283617
680	4,708616682	0,007056857	0,027279582	0,000408959	0,07553753
700	4,610081861	0,004803751	0,024236759	0,000377642	0,0767811
720	4,486626402	0,001980807	0,021524986	0,000381975	0,07835351
740	4,4	0	0,019109392	0,000365169	0,07946636

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 480 minutos de prueba en donde tenemos un 7.26% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 740 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.4% como se observa en la **Tabla N°22**.

Tabla 24. Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 65°C

Cinética de secado de cacao mejorado 65°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	47,3431256	1	1	0	0,5144887
20	42,9498079	0,89745124	0,91018206	0,00016207	0,37789286
40	38,6562283	0,79723056	0,83031106	0,00109432	0,26471975
60	34,9768168	0,71134579	0,75808278	0,00218435	0,18371893
80	31,8081898	0,63738374	0,69251073	0,00303899	0,12578543
100	29,5920781	0,58565529	0,63286273	0,00222854	0,09176899
120	27,561384	0,53825486	0,57853542	0,00162252	0,06529738
140	25,6547231	0,4937496	0,52901051	0,00124333	0,04453293
160	24,01106	0,45538324	0,48383346	0,00080941	0,02981214
180	22,614758	0,42279078	0,44260093	0,00039244	0,01961945
200	21,374159	0,39383273	0,40495237	0,00012365	0,01234574
220	20,1875766	0,36613554	0,37056389	1,961E-05	0,00695793
240	19,0647901	0,33992748	0,33914352	6,1458E-07	0,00327254
260	17,9466551	0,31382798	0,31042738	1,1564E-05	0,00096762
280	16,7191217	0,28517491	0,28417652	9,9679E-07	6,0201E-06
300	15,7224568	0,26191078	0,26017423	3,0156E-06	0,00043308
320	14,5320005	0,23412316	0,23822373	1,6815E-05	0,00236178
340	13,5481197	0,21115743	0,21814616	4,8842E-05	0,00512139
360	12,721241	0,19185644	0,19977882	6,2764E-05	0,00825643
380	11,7676658	0,1695981	0,18297359	0,0001789	0,01279686
400	11,0179369	0,15209794	0,16759554	0,00024018	0,01706247
420	10,2931722	0,13518049	0,15352173	0,0003364	0,0217683
440	9,5843949	0,11863622	0,14064002	0,00048417	0,02692392
460	7,96769021	0,08089912	0,12884817	0,00229911	0,0407322
480	6,83508276	0,0778038	0,11805285	0,00161999	0,04199119
500	6,63536555	0,073142	0,10816888	0,00122688	0,04392349
520	6,54108869	0,04759941	0,09911851	0,00265422	0,05528232
540	6,46845785	0,04590406	0,09083071	0,0020184	0,05608242
560	6,10070604	0,03732	0,0832406	0,0021087	0,06022181
580	5,79003181	0,03006825	0,07628889	0,00213635	0,06383358
600	5,50946607	0,02351928	0,06992143	0,00215316	0,0671857
620	5,19126666	0,01609188	0,06408867	0,00230369	0,07109126
640	5,08547009	0,01362238	0,05874536	0,00203608	0,07241424
660	4,92294521	0,00982872	0,05385011	0,00193788	0,07447037

680	4,79660508	0,00687969	0,04936505	0,00180501	0,07608861
700	4,61260952	0,00258487	0,04525556	0,00182079	0,07847643
720	4,5018704	0	0,04148998	0,00172142	0,07993135

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 460 minutos de prueba en donde tenemos un 7.96% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 720 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.5% como se observa en la **Tabla N°23**.

Tabla 25. Datos de secado de cacao mejorado CCN-51 a 70°C

Cinética de secado de cacao mejorado 70°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	47,2	1	1	0	0,41916619
20	44,05915671	0,927126606	0,926198274	8,61801E-07	0,33011581
40	38,67090334	0,802109126	0,84322026	0,001690125	0,20208583
60	34,48029142	0,704879151	0,761704046	0,003229069	0,12412206
80	31,58674164	0,637743425	0,684342877	0,002171509	0,08132414
100	29,32715174	0,585316746	0,612245365	0,000725151	0,05417126
120	27,2973153	0,538220773	0,545835968	5,79912E-05	0,03446638
140	25,39683636	0,494126134	0,485179584	8,00408E-05	0,02003827
160	23,66358652	0,45391152	0,430136528	0,00056525	0,0102702
180	21,38239601	0,400983666	0,380448357	0,000421699	0,00234393
200	20,66601037	0,38436219	0,335789688	0,002359288	0,00101077
220	19,11484488	0,348372271	0,295801135	0,002763724	1,7617E-05
240	17,59571635	0,313125669	0,260110802	0,002810576	0,00155582
260	16,11574292	0,278787539	0,228348467	0,0025441	0,00544378
280	14,77269945	0,247626437	0,200154872	0,002253549	0,01101306
300	13,51701111	0,218492137	0,175187656	0,001875278	0,01797675
320	10,4113849	0,146435845	0,153124944	4,47441E-05	0,0424911
340	8,252479723	0,096345237	0,133667298	0,001392936	0,0656509
360	7,098669689	0,069574703	0,11653849	0,002205597	0,08008608
380	6,811666524	0,062915697	0,101485477	0,001487628	0,08389935
400	5,850212415	0,040608177	0,088277806	0,002272394	0,0973199
420	5,362007059	0,029280906	0,076706646	0,002249201	0,10451555
440	4,918689257	0,01899511	0,066583583	0,002264663	0,11127191
460	4,509838216	0,009509007	0,057739275	0,002326159	0,11769053
480	4,332336358	0,005390635	0,050022037	0,001991962	0,1205332
500	4,1	0	0,043296419	0,00187458	0,12430529

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 360 minutos de prueba en donde tenemos un 7.09% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 500 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.1% como se observa en la **Tabla N°17**.

Tabla 26. Datos de secado de cacao mejorado CNN-51 a 75°C

Cinética de secado de cacao mejorado 75°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	47,22766411	1	1	0	0,5075031
20	40,72586977	0,848540691	0,8925666	0,001938281	0,31464606
40	35,84366777	0,734809788	0,784020899	0,002421733	0,1999899
60	32,30238168	0,652315523	0,683994635	0,001003566	0,13301195
80	29,38046013	0,584249357	0,59397535	9,4595E-05	0,0879964
100	26,65404338	0,520737474	0,513978925	4,5678E-05	0,05434959
120	24,0673913	0,46048141	0,443473862	0,000289257	0,02988539
140	21,93953342	0,410912957	0,381705674	0,000853065	0,01520424
160	20,04627583	0,366809519	0,327842995	0,00151839	0,00627296
180	18,26327025	0,325274401	0,281051055	0,001955704	0,0014188
200	16,54607347	0,2852723	0,240530041	0,00200187	5,4531E-06
220	14,83987313	0,24552636	0,20553467	0,001599335	0,00177082
240	13,24183602	0,208300084	0,175383088	0,001083529	0,00628966
260	11,58618528	0,169731697	0,149459515	0,000410961	0,0138947
280	9,227283096	0,114781067	0,12721321	0,000154558	0,02986897
300	7,262996255	0,069023002	0,108155292	0,001531336	0,04777918
320	6,331377412	0,04732094	0,091854417	0,001983231	0,05773762
340	5,967753914	0,03885033	0,077931899	0,001527369	0,06188012
360	5,617288552	0,030686239	0,066056672	0,001251068	0,06600853
380	5,368796977	0,024897627	0,055940345	0,00096365	0,06901647
400	5,123033038	0,019172556	0,047332489	0,000792982	0,07205731
420	4,904403858	0,014079589	0,040016234	0,00067271	0,07481751
440	4,725515177	0,009912377	0,033804239	0,000570821	0,07711457
460	4,554128833	0,005919932	0,028535023	0,000511442	0,07934788
480	4,410835156	0,002581905	0,02406968	0,000461724	0,08123958
500	4,3	0	0,020288936	0,000411641	0,08271807

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 300 minutos de prueba en donde tenemos un 7.26% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 500 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.3% como se observa en la **Tabla N°25**.

Tabla 27. Datos de secado de cacao mejorado CNN-51 a 80°C

Cinética de secado de cacao mejorado 75°C					
Tiempo	Humedad	MR (exp)	MR (Modelo)	Error	SCT
0	50,1697369	1	1	0	0,47011564
20	41,995925	0,82180382	0,89275793	0,00503449	0,25750917
40	38,0139482	0,73499327	0,79124228	0,00316395	0,17694059
60	34,7451994	0,66373172	0,69923512	0,00126049	0,12206744
80	31,9904971	0,60367682	0,61673791	0,00017059	0,08370989
100	29,3985511	0,54717015	0,54318478	1,5883E-05	0,05420513
120	27,0782714	0,49658605	0,4778448	0,00035123	0,0332099
140	24,7015075	0,44477054	0,4199527	0,00061592	0,01700946
160	22,6051472	0,39906807	0,36876255	0,00091842	0,00717712
180	20,8151688	0,36004499	0,32357155	0,00133031	0,00208801
200	19,0903217	0,32244183	0,28373011	0,0014986	6,5474E-05
220	17,2511177	0,28234558	0,24864503	0,00113573	0,0010243
240	15,5029469	0,24423395	0,21777907	0,00069986	0,00491629
260	13,9779932	0,21098863	0,19064855	0,00041372	0,01068361
280	12,4915923	0,17858381	0,16681997	0,00013839	0,01843251
300	11,4395361	0,15564807	0,14590615	9,4905E-05	0,02518637
320	7,82616025	0,12047508	0,12756227	5,0228E-05	0,03758756
340	6,74670699	0,0751412	0,11148195	0,00132065	0,05722095
360	6,56305138	0,07113735	0,09739349	0,00068939	0,05915249
380	6,76733572	0,05379006	0,08505634	0,00097758	0,06789159
400	6,02243557	0,03755059	0,07425784	0,00134742	0,07661803
420	5,0476238	0,01629885	0,06481022	0,00235335	0,08883461
440	4,77071037	0,01026189	0,0565479	0,00214239	0,0924697
460	4,56300384	0,00573371	0,04932496	0,0019002	0,09524414
480	4,40453989	0,00227906	0,04301296	0,00165925	0,0973884
500	4,3	0	0,03749895	0,00140617	0,09881605

Se puede observar que el contenido de humedad ideal para consumo se logró a los 320 minutos de prueba en donde tenemos un 7.82% de humedad la cual está permitida de acuerdo con la norma para selección de cacao tanto nacional como mejorado, y terminando la prueba de secado con 500 minutos de pruebas en donde se logra una humedad final de 4.3% como se observa en la **Tabla N°26**.

ANEXO 5. _ PROCESO DE FERMENTACION DEL CACAO.

Fermentar el cacao nacional ecuatoriano y cacao mejorado CNN-51 en dos distintos recipientes de madera para conservar



Proceso de extracción de granos de cacao



Deposito para fermentar el cacao nacional se distingue por su mazorca amarillenta y su grano es de menor diámetro.



Deposito para fermentar el cacao Mejorado CNN-51 se diferencia por su mazorca rojiza y su grano es de mayor diámetro.



Proceso de remoción cada 24 horas para que el cacao pierda mayor porcentaje de baba durante 7 días de fermentado



Depósito de fermentado de cacao nacional y mejorado CNN-51.



Depósitos de cacao



seleccionar 10 muestras de cada tipo de cacao con la misma cantidad de 15 granos de cacao.

ANEXO 5._ PROCESO DE SECADO DE CACAO EN REGIMENDE TEMPERATURA CONTROLADA.



Se pesará primero los recipientes vacío y después los recipientes con el cacao para así tomar en cuenta solo el peso libre del cacao sin el recipiente.



Se procederá a ingresar los recipientes con el cacao a él deshidratador a un régimen de temperatura constante en rangos de 20min.



configuración de temperatura del equipo para realizar la prueba a un régimen de temperatura controlado