



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Proyecto de Investigación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero Industrial.

**Título del proyecto de investigación**

**“EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROCESO DE SECADO DE MAÍZ PARA  
CALCULAR LA INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO”**

**Autores**

Cuenca Vergara Arick Alejandro.

Murillo Mendoza Melany Paola.

**Director de Proyecto de Investigación**

Ing. Moreira Menéndez Mercedes Cleopatra.

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador**

**2022**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

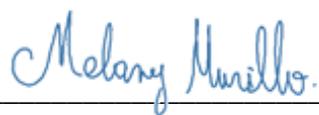
Nosotros, **Arick Alejandro Cuenca Vergara** y **Melany Paola Murillo Mendoza**, declaramos que la investigación aquí descrita es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal De Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa constitucional vigente.

f. 

**Arick Alejandro Cuenca Vergara**

**C.C.# 2300000961**

f. 

**Melany Paola Murillo Mendoza**

**C.C.# 0942552555**



## **CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, Ing. Mercedes Cleopatra Moreira Menéndez, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes **Arick Alejandro Cuenca Vergara** y **Melany Paola Murillo Mendoza**, realizaron el proyecto de investigación de grado titulado **“EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROCESO DE SECADO DE MAÍZ PARA CALCULAR LA INCIDENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Firmado electrónicamente por:  
**MERCEDES CLEOPATRA  
MOREIRA MENENDEZ**

.....  
Ing. Mercedes Cleopatra Moreira Menéndez  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



## CERTIFICACIÓN DE REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Yo, **Mercedes Cleopatra Moreira Menéndez**, Director del Proyecto de Investigación titulado “**EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROCESO DE SECADO DE MAÍZ PARA CALCULAR LA INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO**”, me permito manifestar a usted y por intermedio del Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, los estudiantes **Arick Alejandro Cuenca Vergara** y **Melany Paola Murillo Mendoza**, egresados de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, han cumplido con las correcciones, e ingresado su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, certifico la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 1%.



### Document Information

Analyzed document	Tesis Melany y Arick.docx (D150647689)
Submitted	2022-11-23 03:48:00
Submitted by	Moreira Menéndez Mercedes Cleopatra
Submitter email	mmoreira@uteq.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	mmoreira.uteq@analysis.orkund.com



Firmado electrónicamente por:  
**MERCEDES CLEOPATRA  
MOREIRA MENENDEZ**

.....  
Ing. Mercedes Cleopatra Moreira Menéndez  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE**  
**SUSTENTACIÓN**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROCESO DE SECADO DE MAÍZ PARA  
CALCULAR LA INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO”

Presentado a la comisión académica como requisito previo a la obtención del título de  
Ingeniero Industrial.

Aprobado por:



Firmado electrónicamente por:  
**LEONARDO**  
**ARTURO BAQUE**  
**MITE**

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Leonardo Baque Mite, MSc.



Firmado electrónicamente por:  
**MILTON IVAN**  
**VILLAFUERTE**  
**LOPEZ**

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Milton Iván Villafuerte López, MSc.



Firmado electrónicamente por:  
**EDISON MARCELO**  
**MANCHENO PADILLA**

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Edison Marcelo Mancheno Padilla.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todos los maestros que con su carisma y paciencia compartieron sus conocimientos, experiencias y consejos dentro y fuera del aula de clase, a los compañeros con los que inicié la carrera universitaria que en el proceso se convirtieron en grandes amigos, los mismos que semestre a semestre me ayudaron a superarme y seguir adelante con los estudios, a todos y cada uno de ellos de todo corazón gracias.

- ***Cuenca Vergara Arick Alejandro***

Agradezco primeramente a Dios por el despertar de cada día a lo largo de la carrera, a mis padres por el apoyo durante todo este tiempo, especialmente en mis momentos difíciles, a los profesores por sus conocimientos y experiencia impartidos, a mis amigos “los de siempre” que semestre tras semestre nos comprometimos a superar cada obstáculo y seguir juntos hasta graduarnos.

- ***Murillo Mendoza Melany Paola***

## DEDICATORIA

Este proyecto de investigación va dedicado primeramente a Dios, por haberme dado la sabiduría y perseverancia en los momentos más cruciales, a mi padre (+) por haberme apoyado en los inicios de esta travesía estudiantil hasta su lecho de muerte y especialmente a mí madre, que siempre estuvo presente en los buenos y malos momentos dándome apoyo motivos suficientes para seguir adelante y cumplir con los logros que hoy en día se están haciendo realidad, por ello y mucho más les dedicó este triunfo y mi más eterno agradecimiento.

- ***Arick Alejandro Cuenca Vergara***

Este proyecto de investigación para mi es más que eso, es un logro más en mi vida y va dedicado en primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta este momento de mi vida, a mis padres Irlanda Mendoza y Javier Murillo, hermano y hermanas, por sus esfuerzos, apoyo incondicional, palabras de motivación y aliento. A quienes me acompañaron durante el transcurso de la carrera, especialmente a mi amiga Angie Conforme, quien siempre supo que decirme en los momentos más difíciles. A mi novio Steven Guadalupe por motivarme a seguir y esforzarme cada día.

- ***Melany Paola Murillo Mendoza***

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación se basa en la “Evaluación económica del proceso de secado de maíz para calcular la incidencia de la productividad en el proceso”, teniendo como primero el análisis del proceso y sus etapas, se logró examinar el proceso y el método de trabajo más usual dentro de las comercializadoras de maíz del cantón Quevedo, se conoció la manera en cómo se llevan a cabo todas y cada una de las operaciones.

Posteriormente se analizó el costo de este método de secado, que es mediante secadora vertical a base de GLP agroindustrial, se tuvieron en consideración la capacidad de la máquina, el consumo de energía, el consumo del combustible usado, estos parámetros sirvieron para realizar el evalúo económico del proceso.

Finalmente se procedió a realizar un análisis económico de una alternativa de reemplazo de combustibles fósiles por energía renovable, como es la energía térmica; se propuso el uso de colectores solares de aire que transmitirán la energía calórica recolectada a la secadora para así tener un proceso más limpio y amigable con el medio ambiente.

**Palabras claves:** Colector Solar de Aire, Evaluación económica, Energía renovable, GLP Agroindustrial, Secadora Vertical de Maíz.

## ABSTRACT

This research project is based on the "Economic evaluation of the corn drying process to calculate the impact of productivity in the process", having as a first step the analysis of the process and its stages, it was possible to examine the process and the most common working method within the corn traders of the canton Quevedo, the way in which each and every one of the operations are carried out was known.

Subsequently, the cost of this drying method was analyzed, which is by means of a vertical dryer based on agroindustrial LPG, taking into consideration the capacity of the machine, the energy consumption, and the fuel consumption used.

Finally, an economic analysis of an alternative to replace fossil fuels with renewable energy, such as thermal energy, was carried out; the use of solar collectors was proposed to transmit the heat energy collected to the dryer in order to have a cleaner and more environmentally friendly process.

**Keywords:** Solar Air Collector, Economic evaluation, Renewable energy, Agro-industrial LPG, Vertical Corn Dryer.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DE REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
ÍNDICE DE FÓRMULAS .....	xvi
CÓDIGO DUBLIN .....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.1 Problematización. ....	3
1.1.1 Planteamiento del Problema. ....	3
1.1.2 Formulación del Problema.....	5
1.1.3 Sistematización del Problema.....	5
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos.....	6
1.3 Justificación.....	6
CAPITULO II.....	7

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
2.1 Marco Referencial.....	8
2.1.1 Evaluación Económica. ....	8
2.1.2 El maíz. ....	8
2.1.3 Secado de maíz. ....	9
2.1.4 Objetivo del secado de maíz. ....	9
2.1.5 Productividad. ....	9
2.1.6 Clasificación de los sistemas de secado.....	10
2.1.7 Diagnóstico de procesos. ....	11
2.1.8 FlexSim. ....	11
2.1.9 GLP.....	12
2.1.10 Energía renovable. ....	12
2.2 Marco Teórico.....	13
2.2.1 El maíz. ....	13
2.2.2 Secado de maíz. ....	14
2.2.3 Evaluación Económica. ....	17
2.2.4 Diagnóstico de procesos. ....	20
2.2.5 FlexSim. ....	22
2.2.6 Transferencia de calor.....	25
2.2.7 Energía renovable. ....	25
CAPÍTULO III .....	27
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	27
3.1 Localización.....	28
3.2 Tipos de Investigación. ....	28
3.2.1 Investigación bibliográfica. ....	28
3.2.2 Investigación de campo. ....	28
3.3 Métodos utilizados.....	29

3.3.1	Método inductivo.....	29
3.3.2	Método deductivo.....	29
3.3.3	Método analítico.....	29
3.4	Fuentes de recopilación de información.....	30
3.4.1	Fuentes primarias.....	30
3.4.2	Fuentes secundarias.....	30
3.5	Diseño de la investigación.....	30
3.5.1	Investigación no experimental.....	30
3.6	Instrumentos de investigación.....	30
3.6.1	Cuaderno de notas.....	30
3.6.2	Cámara fotográfica.....	31
3.7	Tratamiento de los datos.....	31
3.8	Recursos humanos y materiales.....	31
3.8.1	Recurso Humano.....	31
3.8.2	Materiales de campo.....	32
3.8.3	Materiales de escritorio.....	32
CAPITULO IV .....		33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		33
4.1	Diagnosticar el proceso actual y etapas del secado del maíz, mediante la utilización del software FlexSim.....	34
4.1.1	Descripción del proceso.....	34
4.1.2	Diagrama del proceso de secado de maíz.....	43
4.1.3	Desarrollo del modelo de simulación del proceso de secado de maíz.....	47
4.2	Calcular el costo real del proceso de secado.....	65
4.3	Analizar el beneficio económico de un sistema de colectores solares de aire en el proceso de secado.....	67
4.3.1	Proceso de secado usando colectores de aire.....	67
4.4	Discusión.....	73

CAPITULO V .....	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	75
5.1 Conclusiones.....	76
5.2 Recomendaciones .....	77
CAPÍTULO VI.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	78
CAPITULO VII.....	85
ANEXOS.....	85
5.3 Visitas a Casa comercial Briones.....	86
5.4 Visita a Planta AGRIGRAIN Agripac.....	86
5.5 Visita a casa comercial “La Granja” .....	87
5.6 Registro y control de humedad de humedad.....	88
5.7 Secado de las Casas Comerciales. ....	88
5.8 Almacenamiento de GLP.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Simbologías de diagramas de flujo.....	21
<b>Tabla 2.</b> Elementos de Fixed Resources .....	23
<b>Tabla 3.</b> Elementos de Task Executer .....	24
<b>Tabla 4.</b> Elementos de Conveyor.....	25
<b>Tabla 5.</b> Recurso humano .....	31
<b>Tabla 6.</b> Materiales de campo.....	32
<b>Tabla 7.</b> Materiales de escritorio .....	32
<b>Tabla 8.</b> Requisitos para recepción de maíz. ....	36
<b>Tabla 9.</b> Cursograma de operaciones del proceso de secado de maíz .....	45
<b>Tabla 10.</b> Costo de combustible .....	65
<b>Tabla 11.</b> Costo de combustible sin subsidio .....	66
<b>Tabla 12.</b> Datos técnicos de colector solar de aire.....	69

<b>Tabla 13.</b> Costo total.....	71
-----------------------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diagrama de Ishikawa .....	4
<b>Figura 2.</b> Maíz Almendral .....	13
<b>Figura 3.</b> Maíz para grano y forraje.....	13
<b>Figura 4.</b> Maíz de alto rendimiento .....	14
<b>Figura 5.</b> Localización de la investigación .....	28
<b>Figura 6.</b> Toma de muestra de maíz durante la recepción.....	34
<b>Figura 7.</b> Cantidad de muestreo para vehículo de 13 a 20 ton. ....	35
<b>Figura 8.</b> Cantidad de muestreo para vehículos de hasta 30 ton. ....	35
<b>Figura 9.</b> Medidor de humedad .....	36
<b>Figura 10.</b> Homogeneizador .....	37
<b>Figura 11.</b> Pesado de maíz en el camión. ....	37
<b>Figura 12.</b> Rejillas de paso a pre-almacenamiento de maíz .....	38
<b>Figura 13.</b> Secadora TC – 80.....	39
<b>Figura 14.</b> Zaranda eléctrica industrial.....	40
<b>Figura 15.</b> Silos industriales .....	42
<b>Figura 16.</b> Diagrama de flujo del proceso de secado de maíz.....	43
<b>Figura 17.</b> Diagrama de operaciones del proceso de secado de maíz .....	44
<b>Figura 18.</b> Diagrama de recorrido del proceso de secado de maíz.....	46
<b>Figura 19.</b> Unidades de medida del modelo. ....	48
<b>Figura 20.</b> Jornada de trabajo. ....	48
<b>Figura 21.</b> Herramientas del Software FlexSim 2019. ....	49
<i>Figura 22.</i> Herramientas del Software FlexSim 2019. ....	50
<i>Figura 23.</i> Herramientas del Software FlexSim 2019. ....	50
<i>Figura 24.</i> Transporter 1.....	51
<i>Figura 25.</i> Transporter 2.....	52
<i>Figura 26.</i> Processor MUESTREO. ....	52
<i>Figura 27.</i> Processor SECADORA. ....	53
<i>Figura 28.</i> Configuración - Processor SECADORA.....	53
<i>Figura 29.</i> Operator 1. ....	54

<b>Figura 30.</b> Operator 2. ....	54
<b>Figura 31.</b> Queue - BÁSCULA. ....	55
<b>Figura 32.</b> Configuración Queue – BÁSCULA .....	55
<b>Figura 33.</b> Queue – ZONA DE DESCARGA .....	56
<b>Figura 34.</b> Configuración Queue – ZONA DE DESCARGA. ....	56
<b>Figura 35.</b> Queue – SILOS DE TRABAJO.....	57
<b>Figura 36.</b> Configuración Queue – SILOS DE TRABAJO.....	57
<b>Figura 37.</b> Queue – TINAS DE SECADO. ....	58
<b>Figura 38.</b> Configuración Queue – TINAS DE SECADO. ....	58
<b>Figura 39.</b> Configuración Queue – SILOS DE ALMACENAMIENTO. ....	59
<b>Figura 40.</b> Queue – SILOS DE ALMACENAMIENTO. ....	59
<b>Figura 41.</b> Queue – SILO DE DESPACHO.....	60
<b>Figura 42.</b> Separator – PRE – LIMPIA. ....	60
<b>Figura 43.</b> Separator – ZARANDA VIBRATORIA. ....	61
<b>Figura 44.</b> Conveyor.....	61
<b>Figura 45.</b> Decisión Point.....	62
<b>Figura 46.</b> Network Node.....	62
<b>Figura 47.</b> Simulación de proceso de secado de maíz.....	63
<b>Figura 48.</b> Colector solar de aire. ....	68
<b>Figura 49.</b> Comparación de costos. ....	72
<b>Figura 50.</b> Reunión con Ingeniero de Casa Comercial Briones. ....	86
<b>Figura 51.</b> Reunión con Ingenieros de la Planta AGRIGRAIN Agripac. ....	86
<b>Figura 52.</b> Capacitación con el personal de procesos.....	87
<b>Figura 53.</b> Reunión con Ingeniero de Casa Comercial “La Granja”. ....	87
<b>Figura 54.</b> Modelo de registro y control de humedad del maíz.....	88
<b>Figura 55.</b> Secado convencional de Casa Comercial “La Granja”.....	88
<b>Figura 56.</b> Secadora de flujo continuo “Matthews” planta AGRIGAIN Agripac. ....	89
<b>Figura 57.</b> Secadora de flujo continuo MEGA TC – 80 de Casa Comercial Briones. ....	90
<b>Figura 58.</b> Placa del Quemador de la Secadora de flujo continuo MEGA TC – 80 de Casa Comercial Briones. ....	91
<b>Figura 59.</b> Tanques de almacenamiento de GLP agroindustrial. ....	91

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

<b>Fórmula 1.</b> Caudal de colector. ....	70
<b>Fórmula 2.</b> Temperatura de secado. ....	70
<b>Fórmula 3.</b> Consumo de energía total. ....	71
<b>Fórmula 4.</b> Combustible consumido. ....	71

## CÓDIGO DUBLIN

<b>Título:</b>	Evaluación económica del proceso de secado de maíz para calcular la incidencia en la productividad del proceso				
<b>Autor(es):</b>	Cuenca Vergara, Arick Alejandro; Murillo Mendoza, Melany Paola				
<b>Palabras clave:</b>	Colector Solar de Aire	Evaluación económica	Energía renovable	GLP Agroindustrial	Secadora Vertical de Maíz
<b>Fecha de publicación:</b>	2022				
<b>Editorial:</b>	Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2022.				
<b>Resumen:</b> <b>Hasta 300 palabras</b>	<p>Resumen. - El presente proyecto de investigación se basa en la “Evaluación económica del proceso de secado de maíz para calcular la incidencia de la productividad en el proceso”, teniendo como primero el análisis del proceso y sus etapas, se logró examinar el proceso y el método de trabajo más usual dentro de las comercializadoras de maíz del cantón Quevedo, se conoció la manera en cómo se llevan a cabo todas y cada una de las operaciones (...).</p> <p>Abstract. - This research project is based on the "Economic evaluation of the corn drying process to calculate the impact of productivity in the process", having as a first step the analysis of the process and its stages, it was possible to examine the process and the most common working method within the corn traders of the canton Quevedo, the way in which each and every one of the operations are carried out was known (...).</p>				
<b>Descripción:</b>	91 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
<b>URL:</b>					

# INTRODUCCIÓN

En el territorio ecuatoriano se realiza uno de los cultivos de más relevancia para el sustento alimenticio, como lo es el maíz o como su nombre científico *Zea mays L.*, su producción es un abundante proveedor de materia prima para el sector agroindustrial, alimentación humana y avícola [1].

En países de Latinoamérica y del Caribe se han dedicado a la exportación a diferentes partes del mundo, con una cantidad de aproximadamente 220 millones toneladas exportadas de maíz, llegando a representar un importante valor económico y generador de riqueza. Se considera a el maíz como unos de los principales granos que se cultivan en el Ecuador, aparte de tener una transcendencia que se origina desde los primeros asentamientos de las comunidades indígenas, siendo considerado un componente insustituible en la identidad de nuestros antepasados [2].

De igual manera que los cultivos de maíz son cada vez mejores y eficaces, por otra parte lo ha hecho su proceso y conservación gracias a las diferentes técnicas que se utilizan para tener un producto terminado que refleje su calidad, una de las etapas que tiene el proceso de tratado del maíz, es el secado, según [3] el grano de maíz posee a nivel mundial una alta demanda de secado, ya que al momento de recibir un grano húmedo no se lo puede conservar en ese estado durante un periodo de tiempo largo (un par de días a más tardar) porque consecuentemente este tenderá a calentarse y perder su calidad, lo cual obliga a realizar el proceso de secado el mismo instante en el que se lo recibe. Por lo que las empresas deben realizar una inversión para contar con instalaciones adecuadas para su almacenamiento y conservación.

Las empresas que se dedican al secado de maíz lo realizan de diversas maneras en las diferentes casas comerciales del cantón Quevedo, lo que amerita realizar un diagnóstico y evaluación de las diferentes etapas del proceso, facilitando la toma de decisiones en si el tipo de secado usado usualmente se puede conservar o considerar otra alternativa menos costosa y más rentable en el proceso de secado.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Problematización.**

### **1.1.1 Planteamiento del Problema.**

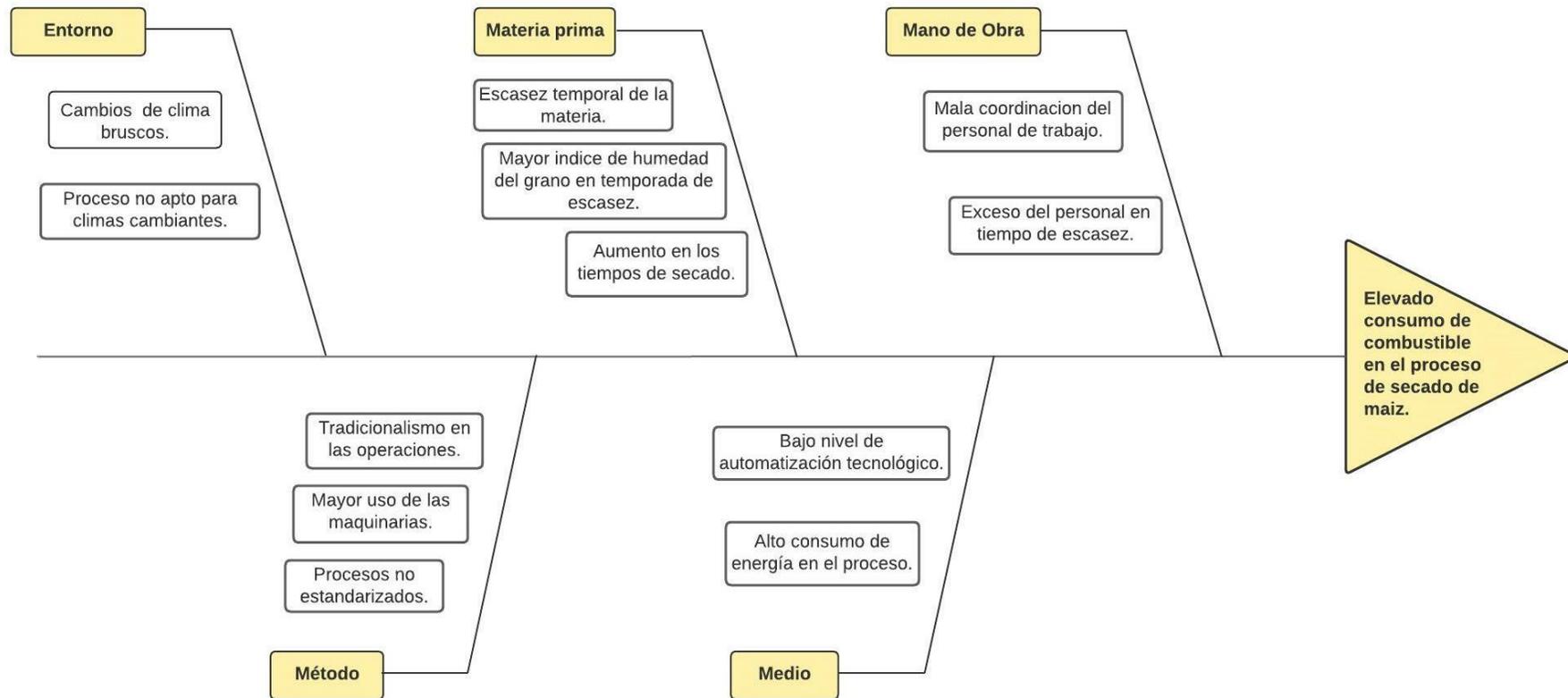
El maíz duro que se produce en Ecuador es de excelente calidad tanto para la elaboración de alimentos balanceados como para las industrias de consumo humano; debido a su elevado contenido de fibra, carbohidratos, caroteno y el alto nivel de rendimiento en la molienda.

Un grano o semilla que no esté suficientemente seco está expuesto a moho y riesgo de daños durante el almacenamiento, por otro lado, un grano demasiado seco se vuelve frágil y representa una pérdida de peso, la técnica de secado más utilizada es la que se realiza a altas temperaturas, por ser el método más eficiente en costo debido a la velocidad de secado y el uso del GLP, sin embargo el aumento considerable del precio del combustible actualmente representa una incidencia en los costos del secado.

#### **1.1.1.1 Diagnostico.**

Para cumplir con el diagnostico, se realizó un diagrama de Ishikawa donde se muestran las causas que existen detrás de la problemática principal de esta investigación, cuyas causas se muestran a continuación: (Ver figura 1)

Figura 1: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Investigación de campo.

Autor: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

## **Interpretación:**

Aplicando la metodología de las 5M en el diagrama de Ishikawa, denota como problema principal la alta demanda de combustible en el proceso puesto que el maíz es el grano que más demanda capacidad de secado en el mundo y por ende un elevado consumo de energía conlleva un alto gasto de combustible, exceso de humedad en el grano puesto que mientras más humedad tenga el grano más demoraría en secar, esto conlleva un mayor uso de combustible, el cambio de clima, dado que la cosecha de este grano se produce durante la época lluviosa del año, durante los demás meses del año no existe producción.

### **1.1.1.2 Pronóstico.**

Las consecuencias de estos problemas durante el proceso repercuten en la competitividad y productividad de la empresa e impide realizar estrategias de precio eficaces, si no se corrige a tiempo los competidores podrían ofertar precios más bajos y los clientes irán tras mejores precios, por ende, obligará a la empresa a cerrar, es por esta razón que se deben tomar acciones correctivas para disminuir los costos de producción.

### **1.1.2 Formulación del Problema.**

¿Cómo evaluar los costos de producción que inciden en la productividad del proceso de secado del maíz?

### **1.1.3 Sistematización del Problema.**

¿Qué herramientas utilizar para el diagnóstico del proceso actual de las etapas del proceso de secado del maíz?

¿Como calcular el costo real en cada etapa de proceso de secado?

¿De qué manera se puede analizar el beneficio económico de un sistema de colectores solares de aire como alternativa del proceso de secado actual?

## **1.2 Objetivos.**

### **1.2.1 Objetivo general.**

Evaluar los costos del proceso de secado del maíz para calcular la incidencia en la productividad del proceso.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- Diagnosticar el proceso actual y etapas del secado del maíz, mediante la utilización del software FlexSim.
- Calcular el costo real en cada etapa de proceso de secado.
- Analizar el beneficio económico de un sistema de colectores solares de aire en el proceso de secado.

## **1.3 Justificación.**

En la actualidad la competitividad es un aspecto de alta relevancia en el campo laboral, el cual se deriva de las exigencias del entorno económico actual enmarcado al proceso de globalización, para las diferentes comercializadoras del cantón Quevedo el secado del grano de maíz es un proceso que genera un alto costo por tanto el producto resultante se vende a altos costos evidentemente, afectando de marea directa la rentabilidad de la empresa.

El presente trabajo investigativo se justifica en la importancia que tiene un adecuado proceso de producción y secado del grano de maíz, el acondicionamiento, la limpieza de los granos y la utilización de proceso más idóneo para el beneficio del establecimiento en donde se realiza esta operación sin que se vea afectada su eficacia y calidad.

**CAPITULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1 Marco Referencial.**

### **2.1.1 Evaluación Económica.**

Según los autores [4] la evaluación económica es en esencia una técnica de análisis de la eficiencia (aunque tampoco se excluyen consideraciones sanitarias y/o financieras), mediante la valoración de los costes y/o de los resultados que se derivan de alternativas en competencia para alcanzar la óptima asignación de los recursos disponibles y la mejora de los procesos productivos.

[5] menciona en su investigación que se hablará de evaluación económica cuando: Además de calcular la evaluación financiera, se considera que es conveniente preparar un análisis de rentabilidad no sólo del capital social, sino de la inversión total, es decir, incluye tanto la eficiencia de los recursos propios (capital social) como de los recursos obtenidos de créditos o préstamos.

### **2.1.2 El maíz.**

El maíz en Ecuador se encuentra dentro de los principales productos agrícolas del país junto con el arroz, banano, cacao y camarón, a pesar de no representar más allá del 8% de la producción agrícola, constituye la base de una de las principales cadenas productivas que contribuye a la seguridad alimentaria del Ecuador ya que es el componente principal del alimento balanceado para las aves, ganado, camarón y porcinos. [6]

Según la publicación [7] el maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América, surgió aproximadamente entre los años 8 000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México.

El autor [8] menciona en su investigación que esta semilla tuvo su origen y diversificación inicial en las montañas y valles de México, por medio de la intervención de los antiguos pobladores de este territorio en un proceso coevolutivo que condujo a la formación de una

de las plantas cultivadas de mayor diversidad genética, cuya riqueza aún se mantienen este país, principalmente por los productores del medio rural.

### **2.1.3 Secado de maíz.**

Según [9] el secado del grano es imprescindible hasta alcanzar unos límites que permiten su conservación. Para el caso del maíz esto significa evaporar entre un tercio y un cuarto de la masa del grano seco antes de que alcance la instalación de almacenamiento. Para eliminar el exceso de humedad se utiliza un secadero, en el que el grano se somete a la acción de una corriente de aire caliente, de manera que aumenta su temperatura hasta la de vaporización del agua.

Primero se evapora el agua libre, lo cual precisa relativamente poca energía; en el maíz se encuentra agua libre cuando se supera el 27 % de humedad. A continuación, el agua situada en los capilares, lo que no resulta más difícil, con un límite que es el que se conoce como umbral de estabilización que se alcanza cuando la humedad llega al 13 %.

A partir de aquí el agua se encuentra unida químicamente a los componentes de los granos y se precisa una gran energía para su evaporación. Desde el punto de vista práctico, la humedad del grano para el buen almacenamiento se sitúa en el 14%.

### **2.1.4 Objetivo del secado de maíz.**

El objetivo del secamiento de la semilla es reducir el contenido de humedad a nivel adecuado para el almacenamiento. Cuanto más bajo es el contenido de humedad y temperatura, el grano puede ser almacenado por más tiempo sin peligro [10].

### **2.1.5 Productividad.**

Para Mertens, La productividad del proceso se conceptualiza en la propuesta como la relación entre las diferentes expresiones del producto por un lado y los tiempos del flujo de producción por otro. Estas proporciones completan la expresión tradicional de la cantidad de producto por un factor de producción (capital o trabajo). Indicadores típicos en este

sentido son: tiempo de entrega y calidad del proveedor; tiempo requerido para cambiar la instalación del equipo; tiempo de inactividad del equipo debido al cambio de modelo; tiempo de fabricación del producto; producción actualizada; entrega oportuna y satisfacción del cliente; rotación de inventario de más de ventas. [11]

#### **2.1.5.1 Medición de la productividad**

[12] menciona que “Cuando hablamos de medir la productividad, nos referimos al comportamiento y desempeño alcanzado por una organización y el uso de recursos para lograr sus objetivos, aunque a nivel macroeconómico se suele medir la productividad de algunas áreas o el comportamiento de todas ellas. negocios de la zona. En primer lugar, se debe tener en cuenta que toda empresa tiene metas financieras que quiere alcanzar para permanecer en el mercado y continuar operando, creando así áreas de medición que pueden utilizarse para determinar si la organización realmente está funcionando correctamente”.

#### **2.1.6 Clasificación de los sistemas de secado.**

Realizando una clasificación de los sistemas de secado basado en la temperatura se tienen los siguientes:

##### **2.1.6.1 Secado a Baja Temperatura.**

Mediante este secado se realiza con aire natural o a muy baja temperatura (5 a 8°C por encima del aire ambiente). Generalmente son silos secadores con aire natural o con un quemador de bajas calorías. Se debe lograr secar el grano antes que comience a deteriorarse, ya que, si las condiciones climáticas no son adecuadas, se requerirán varios días para finalizar el secado dependiendo de la humedad inicial que el grano tenía al ingresar al silo secador. [13]

##### **2.1.6.2 Secado a Temperatura Media.**

Temperatura del grano por debajo de 43°C para semillas o granos usados para molienda seca y debajo de 60°C para todos los otros granos (incl. maíz grado 2, ceroso, alto contenido de aceite). Generalmente se lo puede realizar en silo o secadoras de alta capacidad. [13]

### **2.1.6.3 Secado a Alta Temperatura.**

Temperatura del grano por encima de los 60°C, en este se encuentran los Secado en silo a alta temperatura, Secadoras de columnas y Las secadoras de caballetes. [13]

### **2.1.6.4 Secado Combinado.**

En este caso se realiza un secado todo calor a una temperatura media y luego se utiliza el sistema “Seca-Aireación” o se realiza un post-enfriado.

- Los principales aspectos a tener en cuenta en seca aireación son:
- El rendimiento de los equipos puede aumentar en más de un 50%.
- La calidad de secado es mejor.
- El consumo de combustible es menor.

Se debe contar con equipos de aireación correctamente dimensionados en los silos destinados para el enfriado y secado final. El caudal específico de aire debe ser de 0,4 a 0,8 m<sup>3</sup> de aire por minuto por tonelada de grano (comparado con 0,1 para aireación común). [13]

### **2.1.7 Diagnóstico de procesos.**

El control de gestión aplicado a los procesos se refiere a obtener información de calidad, valida, oportuna y en tiempo real si corresponde, para gestar y administrar procesos. Según la norma ISO 9000:2015 un proceso se define como: un sistema de actividades, susceptibles a ser identificadas, que se pueden administrar desde un punto de vista holístico y sistemático que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en elementos de salida. [14]

### **2.1.8 FlexSim.**

El autor [15] menciona que, el software FlexSim permite modelar y entender con precisión los problemas básicos de un sistema sin la necesidad de programaciones complicadas, esto debido a que ofrece una forma sencilla al desarrollar el modelo de simulación.

## **2.1.9 GLP.**

El gas licuado de petróleo (GLP), es una mezcla de hidrocarburos de petróleo los cuales son gaseosos a la temperatura y presión ambiental normal. Esta mezcla de gases puede ser licuado aplicando una presión moderada para facilitar su transporte y almacenamiento. El gas licuado de petróleo en forma líquida es 250 veces más denso que en la forma gaseosa; se deriva principalmente del gas natural o de los gases de la refinación de petróleo, la diferencia entre estos dos tipos de gases está dada en que el gas licuado de petróleo natural no puede ser almacenado y en la refinación petrolera si puede ser almacenado y transportado. Dependiendo de donde provenga, la composición del gas puede ser diferente.

El gas licuado de petróleo comercial contiene una mezcla de gases entre los principales está el propano y butano, puede ser comercializado como propano o butano comercial, o también como mezcla de propano y butano como es el caso del Ecuador. La calidad de este combustible para los clientes está regulada por la Agencia de Regulación y Control de Hidrocarbúfero (ARCH). [16]

### **2.1.9.1 GLP Agroindustrial.**

El GLP también se vende al sector agrícola en cilindros de 15 kg, principalmente para el secado de granos como arroz, maíz, frijol, arveja, soya, etc. Este gas se usa para reducir el contenido de humedad de los productos para que no haya riesgo de daño o pérdida durante largos períodos de almacenamiento y porque facilita la producción de productos de mejor calidad como arroz cuando se seca. es mejor y el precio es mejor. el producto crece, lo que asegura un producto de alta calidad para el consumidor del cliente. [17]

### **2.1.10Energía renovable.**

La energía renovable se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, se clasifican en Energías Renovables Convencionales y Energías Renovables No Convencionales; dentro de las primeras se encuentra las grandes centrales hidroeléctricas, mientras que dentro de las segundas se encuentran las generadoras eólicas, solares fotovoltaicas, solares térmicas, geométricas, mareomotrices, de biomasa y las pequeñas hidroeléctricas. [18]

## 2.2 Marco Teórico.

### 2.2.1 El maíz.

#### 2.2.1.1 Maíz en el Ecuador.

Hasta el momento en el Ecuador se han identificado 29 razas de maíz, de estas, 17 pertenecen a la región interandina, entre todas las variedades existentes en el territorio ecuatoriano las más comercializadas y mejoradas genéticamente por la INIAP para el consumo animal y elaboración de balanceado, son las siguientes:

- INIAP – 182 “Almendral”

*Figura 2. Maíz Almendral*



*Fuente: INIAP*

- INIAP – 176 “Maíz para grano y forraje”

*Figura 3. Maíz para grano y forraje*



*Fuente: INIAP*

- INIAP – 180 “Maíz de alto rendimiento” [19]

*Figura 4.* Maíz de alto rendimiento



*Fuente:* Yáñez y otros (2008)

La evolución del cultivo del maíz en el Ecuador muestra que existen profundas diferencias entre los dos tipos utilizados: maíz duro y maíz suave. El maíz duro-seco se utiliza principalmente para uso industrial y es esta precisamente la razón que justifica la expansión tanto en superficie cultivada como en producción y rendimiento, además este producto tiene una amplia demanda por parte de la agroindustria, destinada principalmente a la producción avícola y de alimentos balanceados. [20]

### **2.2.2 Secado de maíz.**

El proceso de secado de maíz se realiza principalmente en los granos comerciales, es decir, los granos que se utilizaran para la alimentación animal y creación de balanceados; el secado de maíz industrial es un sistema de secado de alta temperatura que cuenta con diversos tipos de secadoras de maíz. [21]

#### **2.2.2.1 Secadoras de Flujo Continuo.**

Son aquellas en las que el grano se introduce y descarga en forma continua o intermitente, permaneciendo constantemente llenas las secciones de secado y enfriamiento. Las operaciones de secado y enfriamiento se efectúan en forma simultánea e ininterrumpida. [21]

### **Secadoras verticales.**

Las secadoras verticales, también llamadas "tipo torre", se caracterizan por el recorrido del grano, desde arriba hacia abajo, y pueden ser clasificadas en varios grupos, de acuerdo con el tipo de flujo.

- También llamadas de "caballetes", tienen como elemento principal, en las zonas de secado y enfriamiento, un conjunto de conductos en forma de V invertida, por donde circula el aire caliente o frío.
- También llamadas "de columnas" poseen columnas o venas rectas por donde circula por gravedad el grano; las columnas están formadas por paredes de chapas perforadas, las que atraviesa el aire caliente (o frío) en forma cruzada o perpendicular al espesor de la columna. Se conocen también secadoras de columnas de forma circular.
- Las secadoras de persianas tienen su cuerpo principal formado por tres tabiques verticales, siendo los dos exteriores abiertos en las dos caras, y el tabique medio en zigzag con grandes perforaciones. Este sistema permite que el grano situado en el costado por donde ingresa el aire caliente descienda más rápidamente que el grano situado en el costado opuesto, con el fin de asegurar un secado más homogéneo.

#### **2.2.2.2 Secadoras flujo concurrente.**

En este tipo, el grano y el aire de secado fluyen en la misma dirección y sentido. De esta forma el aire caliente se encuentra con grano frío y húmedo, pero la transferencia de calor y humedad que tiene lugar asegura que la temperatura del grano no alcance la temperatura del aire de entrada y que descienda rápidamente.

Este diseño tiene la ventaja que se pueden emplear muy altas temperaturas del aire, que originan altas velocidades de secado sin sobrecalentar el grano. Este último está sometido a un tiempo de permanencia más corto, por lo cual no es muy afectado. Se ha comprobado también que el consumo específico de energía se encuentra entre 850 y 900 kcal por kg. de agua evaporada, que significa una buena eficiencia térmica.

En la práctica se ha comprobado que la extracción de humedad por cada tratamiento de flujo concurrente no supera los dos puntos de humedad, de manera que las secadoras comerciales existentes tienen dos o tres etapas, separadas cada una por secciones de reposo. Tales máquinas son muy altas, la potencia consumida es elevada y los tiempos de residencia más prolongados, todo lo cual está limitando, hasta ahora, la difusión de modelos de este tipo, así como su mayor costo inicial. [21]

#### **2.2.2.3 Secadora de cascada.**

Estas máquinas están formadas por uno o dos planos inclinados, compuestos por persianas (las que atraviesa el aire) por las cuales el grano va descendiendo en forma de una cascada continua.

Este sistema tiene la ventaja de que no se tapan agujeros (porque no existen) con borra o basura, como en otras secadoras que tienen paredes perforadas. También son aptas para secar semillas muy pequeñas, como calza, tréboles y otras similares, reduciendo el caudal de aire.

La corriente de aire que pasa por las persianas, además de su función principal de secar y enfriar, realiza una buena limpieza del grano. Las impurezas arrastradas tampoco caen en el plenum o cámara de aire caliente, con lo cual el riesgo de incendio es reducido a un mínimo. [21]

#### **2.2.2.4 Secado en tandas.**

Este sistema, que tiene lugar en secadoras de este "nombre, reside en colocar el grano húmedo en la secadora, mantenerlo en ella hasta que es secado, y luego enfriado en la misma. Posteriormente, el grano es extraído, y la secadora se vuelve a llenar con otra tanda. Los sistemas descritos en el tema "Secado a baja temperatura" pueden ser asimilados también a un secado en tandas.

Tanda convencional es uno de los tipos más difundidos. Pueden ser transportables o no. Se carga la máquina, se prende el quemador, y se seca el grano; luego se apaga el quemador, y el ventilador funciona sólo con aire frío, hasta enfriar toda la carga. Han aparecido secadoras

de este tipo totalmente automáticas, para el llenado, descarga, apagado del quemador y otras operaciones.

Adolece la mayoría del inconveniente del espesor de la columna de grano que ocasiona un secado disparejo, pues el grano en contacto con las chapas calientes sufre un sobrecalentamiento y un sobre secado excesivo, mientras que en el lado opuesto el grano resta húmedo y poco caliente. Para reducir estos problemas se aconseja hacer dos pasadas a baja temperatura (unos 70°C), derivando el grano a un silo intermedio, donde pueda reposar, y volver luego a la secadora.

Las secadoras en tandas son, en general, de baja capacidad y pueden ser empleadas en la propia finca o chacra del productor. Siempre deben tener una capacidad similar a la de las máquinas cosechadoras, para no interrumpir la cosecha. [21]

### **2.2.3 Evaluación Económica.**

La evaluación económica es un método sistemático que analiza diferentes programas y/o intervenciones sanitarias con el fin de ofrecer una información que sirva de apoyo para la toma de decisiones. Se compone de un conjunto de técnicas de medición y valoración comparativa de resultados (costes y consecuencias) efectuado en circunstancias reales. [22]

El objeto de la evaluación económica es informar decisiones sobre cuál es el mejor uso de los recursos limitados disponibles. La finalidad última de la evaluación económica es, de hecho, la maximización de los beneficios sociales de la intervención pública, ya que la información que proporciona va destinada a que los decisores financien aquellos servicios que generan mejores resultados. Además, incluso cuando no existen alternativas, puede ser interesante evaluar si los resultados de una política ya en marcha justifican sus costes. [23]

Hay cinco métodos distintos para realizar evaluaciones económicas. Todos ellos buscan identificar, medir y comparar resultados y costes de distintas políticas. Pero se diferencian en la manera de medir los resultados y, por tanto, también en el tipo de pregunta de evaluación al que pueden responder. [23]

### **2.2.3.1 Costos.**

La Contabilidad de Costos permite conocer el valor de todos los elementos del costo de producción bien y/o servicio, por tanto, calcular el costo unitario del mismo con miras a fijar el precio de un de venta y el manejo de las utilidades empresariales. [24]

#### **2.2.3.1.1 Costos de producción.**

Los costos de producción incluyen las materias primas directas, la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación (denominados elementos del costo), en que se haya incurrido para elaborar un bien o un producto. Los costos de ingeniería y del diseño del producto que ocurren antes de la manufactura también son costos de producción. [25]

#### **2.2.3.1.2 Costo real.**

Este costo real está formado por todos los gastos que conlleva la fabricación de estos, que a diferencia del costo estándar éste se determina con anticipación a la producción; el costo real son costos históricos que se han incurrido en un periodo anterior. El costo histórico puede ser evaluado en cuanto a su eficiencia, para esto debe compararse con cualquier otro costo, estimado, estándar o planificado, ya que es posible determinar ciertas valoraciones de recursos en base a predicciones o estimaciones, según sus comportamientos históricos o estadísticos, siendo imprescindible el contar con información de los costos reales para poder fijar los precios de venta y lograr que estos sean los más bajos. [26]

#### **2.2.3.2 Análisis Coste – Efectividad.**

La literatura tradicional de evaluación de proyectos de inversión recomienda la aplicación del análisis costo-beneficio no sólo a los proyectos privados sino también a los de infraestructura social. De esta manera se estaría contrastando el conjunto de beneficios o rendimientos que harían elegible a una inversión frente a los costos en que se incurre para realizarla. Sin embargo, en la práctica la aplicación del análisis costo-beneficio presenta limitaciones cuando se aplica a proyectos en los que está involucrado un servicio humano complejo, como es el de la salud. Por otro lado, dado que los recursos económicos serán

siempre limitados, estos programas compiten con otros programas de impacto social como son los programas de educación, vivienda, etc. [27]

### **2.2.3.3 Análisis costo – Beneficio.**

El Análisis Costo Beneficio (ACB) es una herramienta analítica que pone en una balanza los costos y beneficios de un proyecto. El análisis costo beneficio consiste en evaluar la rentabilidad financiera de un proyecto, es decir de examinar las ganancias que recibe la entidad encargada de ejecutar el proyecto o de quienes invierten en el mismo. [28]

### **2.2.3.4 Análisis Coste – Consecuencias.**

Bajo la denominación análisis coste-efectividad (ACE) se incluyen todos aquellos estudios de evaluación económica que optan por valorar los resultados en unidades no monetarias (unidades físicas o naturales). [29]

El Análisis Costo-Beneficio es un área diseñada para cuantificar la contribución (beneficio) o costo que un proyecto, programa o política hace al bienestar nacional. En este sentido, tiene por objeto medir los beneficios y los costos que la acción respectiva ejerce sobre los beneficiarios en particular y sobre la sociedad en su conjunto tomando como referencia la economía nacional. Un propósito fundamental, por ende, es analizar el impacto que sobre la eficiencia y la equidad tienen las diversas políticas, programas y proyectos tanto públicos como privados. [30]

### **2.2.3.5 Análisis Coste – Minimización.**

El análisis de costo-minimización (ACM) compara exclusivamente los costos de dos intervenciones alternativas bajo el supuesto que ambas proveen un nivel de beneficio equivalente. [31]

## **2.2.4 Diagnóstico de procesos.**

Un proceso ha de verse, como la secuencia de pasos diseñados, con el fin de producir un producto o servicio de valor para alguien externo al proceso; es un conjunto de actividades interrelacionadas, que interactúan para transformar elementos de entrada (materias primas, insumos, energía, dinero, información) en resultados de valor agregado (productos y servicios), de utilidad para algunos clientes e información dirigida a los propios clientes y otros actores del entorno.

Lo que caracteriza al enfoque por procesos, es que pone énfasis en la gestión de las interrelaciones, muestra los vínculos causa-efecto entre las actividades, identifica las necesidades del cliente externo y orienta a la empresa hacia su satisfacción, para alcanzar los resultados esperados, es necesario que el proceso sea planificado, ejecutado, verificado y corregido, lo que responde al ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar. [32]

### **2.2.4.1 Diagrama de flujo**

Para Herrera un Diagrama de flujo representa la esquematización gráfica de un algoritmo, el cual muestra gráficamente los pasos o procesos a seguir para alcanzar la solución de un problema. Su correcta construcción es sumamente importante porque, a partir del mismo se escribe un programa en algún lenguaje de programación. Si el diagrama de flujo está completo y correcto, el paso de este a un lenguaje de programación es relativamente simple y directo. [33]

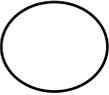
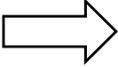
En la implantación de procesos de producción, al determinar el tipo de distribución que más puede ajustarse a los mismos, un factor muy importante es la circulación de materiales en el interior de la planta. Dicho flujo determina el coste de su tratamiento, la cantidad empleada en el proceso, el espacio que dicho proceso ocupa y la duración del tiempo total de producción. Con mucha frecuencia, el diseño de la distribución en planta se inicia con el sistema de circulación de los materiales. [34]

Se les llama diagramas de flujo porque los símbolos utilizados se conectan por medio de flechas para indicar la secuencia de operación. Para hacer comprensibles los diagramas a

todas las personas, los símbolos se someten a una normalización; es decir, se hicieron símbolos casi universales, ya que, en un principio cada usuario podría tener sus propios símbolos para representar sus procesos en forma de diagrama de flujo. [35]

Así mismo los flujogramas como también se conocen utilizan simbologías para representar una operación particular de un proceso, a continuación, se presenta los más comunes:

**Tabla 1.** Simbologías de diagramas de flujo

Actividad	Definición	Símbolo
Operación	Ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se está creando o agregando algo o se está preparando para otra operación, transporte, inspección o almacenaje.	
Transporte	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.	
Inspección	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cantidad de cualesquiera de sus características.	
Demora	Ocurre cuando se interfiere en el flujo de un objeto o grupo de ellos. Retrasando el siguiente paso planeado.	
Almacenamiento	Ocurre cuando un Objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos por movimientos o usos no autorizados.	
Actividad combinada	Cuando se desea indicar actividades conjuntas combinada por el mismo operario en el mismo punto de trabajo, los símbolos empleados para dichas actividades (operación o inspección) se combinan en círculo inscrito en un cuadro.	

**Fuente:** *Metodología de la programación* (p.78), por O. Cairó, 2010, Alfaomega.

**Elaborado por:** Arick Cuenca, Melany Murillo (2022)

#### 2.2.4.2 Diagrama de operaciones

Es una representación gráfica de todas las operaciones e inspecciones que forman parte de un proceso. Igualmente se representan los puntos en los que se introducen materiales en proceso, en este diagrama no se presentan las manipulaciones, los transportes, ni los almacenamientos. Muchas veces este diagrama incluye información que es considerada necesaria para el análisis. Como se muestra en la tabla 1, se representa con un círculo las operaciones, es decir, toda transformación y se representa con un cuadrado las inspecciones, es decir, todo aquello que se mida, verifique o controle. [36]

### **2.2.4.3 Diagrama de recorrido**

El diagrama de recorrido o diagrama de flujo continuo proporciona una información más completa con respecto al proceso, aunque este no incluya el flujo de trabajo de la empresa. [36]

### **2.2.5 FlexSim.**

FlexSim es un software de simulación en 3D que modela, simula, predice y visualiza los sistemas de negocio en una variedad de industrias: fabricación, manejo de materiales, la salud, el almacenamiento, la minería, la logística, y más. Es potente y fácil de usar. [37]

#### **2.2.5.1 Tipos de objetos 3D.**

FlexSim ofrece una variedad de diferentes objetos 3D que puede utilizar para construir un modelo de simulación. Las tres categorías más importantes de objetos que debe conocer son:

- Flow Items (Objetos de flujo)
- Fixed Resources (Recursos fijos)
- Task Executor (Ejecutores de tareas)

#### **Flow Items (Elementos de flujo)**

Los ítems de flujo son los ítems que fluirán a través de su modelo de simulación desde el principio de su simulación hasta el final. Los elementos de flujo pueden representar muchas cosas diferentes en su modelo de simulación. [38]

#### **Fixed Resources (Recursos fijos)**

Los recursos fijos son objetos que permanecen fijos o estacionarios en su modelo. En general, los recursos fijos interactúan con los elementos de flujo en la simulación, como el almacenamiento o la modificación de los elementos de flujo. Los recursos fijos pueden

representar varios pasos o procesos en su modelo, como estaciones de procesamiento, máquinas o áreas de almacenamiento.

*Tabla 2. Elementos de Fixed Resources*

Nombre e icono	Descripción
<p><b>Source</b> (Fuente)</p> 	<p>La fuente crea elementos de flujo y los libera a un objeto descendente. Se puede controlar el ritmo de creación de elementos de flujo por parte de la fuente para que lleguen según un calendario fijo, un ritmo regular continuo o una distribución estadística aleatoria.</p>
<p><b>Queue</b> (Cola o almacenamiento)</p> 	<p>La cola almacena los elementos de flujo hasta que un objeto descendente esté listo para tomarlos. Por defecto, la cola libera los elementos de flujo según el orden de llegada, pero hay otras opciones disponibles</p>
<p><b>Processor</b> (Procesador)</p> 	<p>Los procesadores simulan los elementos de flujo que se procesan en una estación. Los procesadores simulan un tiempo de retardo, comenzando con un tiempo de preparación seguido por el tiempo de proceso. También puede requerir que el procesador utilice un operario durante el tiempo de preparación y/o de proceso. También puede configurar los procesadores para que manejen más de un artículo de flujo a la vez.</p>
<p><b>Separator</b> (Separador)</p> 	<p>El separador separa un artículo de flujo en múltiples partes, ya sea desempaquetando un artículo de flujo de contenedor que ha sido empaquetado por un combinador o haciendo múltiples copias del artículo de flujo original. La separación/desempaquetado se realiza una vez finalizado el tiempo de proceso.</p>

**Fuente:** FlexSim Software Products, Inc., (1993-2022)

**Elaborado por:** Arick Cuenca, Melany Murillo (2022)

### **Task Executors (Ejecutores de tareas)**

Los ejecutores de tareas son objetos que pueden moverse por el modelo e interactuar con recursos fijos y elementos de flujo. Todos los ejecutores de tareas tienen la misma funcionalidad básica; la principal diferencia entre ellos es la forma en que se mueven. Se denominan ejecutores de tareas porque se les pueden asignar tareas y secuencias de tareas.

**Tabla 3. Elementos de Task Executer**

<b>Nombre e icono</b>	<b>Descripción</b>
<b>TaskExecuter</b> (Ejecutor de Tareas) 	El objeto TaskExecuter es un ejecutor de tareas genérico. Desde cierto punto de vista, se podría pensar en él como un ejecutor de tareas básico que se puede utilizar sin tener que crear toda la lógica personalizada como se haría con un objeto BasicTE. Un TaskExecuter tiene algunas funcionalidades básicas que puedes adaptar a una variedad de usos. La forma por defecto de este objeto está diseñada para parecerse a un vehículo de guiado automático (AGV).
<b>Operator</b> (Operario) 	Los operadores representan a los empleados que pueden transportar elementos de flujo, operar recursos fijos y realizar una variedad de otras tareas que requieren un empleado en un modelo de simulación.
<b>Transporter</b> (Transportador) 	El transportador se utiliza principalmente para transportar artículos de flujo de un objeto a otro. Dispone de un elevador de horquilla que sube o baja los artículos de flujo cuando los carga o descarga de una estantería.

**Fuente:** FlexSim Software Products, Inc., (1993-2022)

**Elaborado por:** Arick Cuenca, Melany Murillo (2022)

### **Network Node (Nodo de la red)**

Este objeto es utilizado para trazar la ruta del modelo de simulación.

## Conveyor (Transportador)

Tabla 4. Elementos de Conveyor

Nombre e icono	Descripción
<b>Straight Conveyor</b> <b>(Transportador recto)</b> 	El transportador recto puede simular cintas transportadoras o transportadores de rodillos. Como su nombre indica, este transportador tiene una forma recta.
<b>Join Conveyors</b> <b>(Unir transportadores)</b> 	Join conveyors actúa más como una herramienta que como un objeto. Utilízalo para crear un transportador curvo que conecte dos secciones de transportador.
<b>Decision Points</b> <b>(Puntos de decisión)</b> 	Puede utilizar un punto de decisión para incorporar la lógica a su sistema de transporte. Los puntos de decisión también pueden vincularse a un controlador de fusión para notificar cuando una babosa liberada ha pasado por los puntos designados en el sistema.

Fuente: FlexSim Software Products, Inc., (1993-2022)

Elaborado por: Arick Cuenca, Melany Murillo (2022)

### 2.2.6 Transferencia de calor.

La transferencia de calor es el traspaso de energía calórica de un medio a otro, según Cengel “el calor es la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura. La transferencia de energía por flujo de calor no puede ser medida directamente, por el concepto tienen un significado físico que está relacionado con la cantidad de temperatura. En los estudios de transferencia de calor, es común considerar tres modos diferentes de transferencia de calor: conducción, convección y radiación”. [39]

### 2.2.7 Energía renovable.

Se conoce como energía renovable a toda forma de energía de origen solar, geofísico o biológico que se renueva mediante procesos naturales, las energías renovables resultan atractivas para los sistemas eléctricos de países que cuentan con las condiciones naturales e

idóneas para su incorporación, estas son la radiación solar, fuentes hídricas o potencial eólico; recursos que se encuentran en varios países de Centro y Sur América. [40]

Durante la quinta cumbre de las Américas se reconoció que la energía es un recurso esencial para mejorar el nivel de vida de nuestros pueblos, y que el acceso a la energía es de primordial importancia para el crecimiento económico con equidad e inclusión social. [40]

De la misma manera, la Asamblea General de las Naciones Unidas en la resolución GA/11333, declaró 2014 – 2024 como la Década de la Energía Sostenible para Todos. En esta resolución adoptada, se llama a todos los Estados Miembros a amalgamar esfuerzos para tener como prioridad el acceso universal a los servicios de energía moderna sostenible, el uso de energía renovable y la implementación de proyectos de eficiencia energética. [41]

#### **2.2.7.1 Energía solar térmica.**

La energía solar térmica o es aquella que aprovecha la energía de los rayos del sol para generar calor de forma limpia y respetuosa con el medio ambiente. A diferencia de otras tecnologías, cuya energía hay que consumirla en el momento de su generación, la solar térmica es una tecnología renovable con capacidad de almacenamiento, capaz de aportar electricidad a la red incluso en horas sin luz solar.

Existen dos sistemas para producir electricidad solar térmica: de alta concentración y de naja concentración.

El empleo de la energía solar térmica representa una fuente de energía renovable cada vez más atractiva; sin embargo, uno de los factores clave que determinan el desarrollo de esta tecnología es su integración a sistemas de almacenamiento de energía térmica, eficientes y rentable para superar el carácter intermitente de la luz solar y ser más económicamente competitivos. [42]

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1 Localización.

La presente investigación fue desarrollada en el Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, mediante visitas a diferentes casas comerciales en la que se lleva a cabo el proceso de secado de maíz.

*Figura 5.* Localización de la investigación



Fuente: Google maps

### 3.2 Tipos de Investigación.

#### 3.2.1 Investigación bibliográfica.

Permitió la recopilación de información necesaria, proveniente de libros, informes, revistas, artículos científicos, páginas web y datos históricos que estén relacionados con un tema o autor concreto, que permitió la obtención de los resultados y el hallazgo de conclusiones en el transcurso de la ejecución del proyecto de investigación.

#### 3.2.2 Investigación de campo.

Permitió la recolección de datos reales de los procesos de secado en las distintas empresas en las que se realizaron visitas técnicas, la información recaudada fue vital para realizar comparaciones entre los tipos de secado que manejan las diversas empresas.

### **3.3 Métodos utilizados.**

#### **3.3.1 Método inductivo.**

Andrés & Omar (2017), dice en su investigación, se trata de encontrar principios desconocidos, a partir de los conocidos o descubrir consecuencias desconocidas, de principios conocidos. Es por ello por lo que este método se lo empleo con la finalidad de extraer la información suficiente y necesaria a partir del diagnóstico del proceso actual de secado de maíz, lo que permitió desarrollar los puntos más relevantes del proyecto y encontrar una resolución óptima de los mismos. [43]

#### **3.3.2 Método deductivo.**

Newman (2006), menciona que este razonamiento es el que permite organizar las premisas en el sentido que proporcionan la prueba decisiva para la validez de una conclusión, por lo que permitió analizar y estimar el costo real en cada una de las etapas del proceso de secado a partir de la realización del método mencionado anteriormente. [44]

#### **3.3.3 Método analítico.**

Jiménez & Jacinto (2017), expresan que el método analítico se emplea para descomponer el todo en partes, conocer las raíces y, partiendo de este análisis, realizar la síntesis para reconstruir y explicar. [45]

El método analítico se utilizó para realizar un análisis de la evaluación económica el proceso de secado de maíz, para identificar los diversos costos y gastos que se requieren en la ejecución del proceso de secado, además de examinar los resultados.

### **3.4 Fuentes de recopilación de información.**

#### **3.4.1 Fuentes primarias.**

- Visitas Técnicas a empresas o centros de acopio Casa Comercial Granja, Agripac, Briones, etc.

#### **3.4.2 Fuentes secundarias.**

- Revistas (El Agro, Granos, etc.)
- Páginas Web.
- Tesis con temas similares que sirvan de guía.

### **3.5 Diseño de la investigación.**

#### **3.5.1 Investigación no experimental.**

Se escogió la investigación no experimental porque tomando como referencia el concepto “es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos” [46] se puede analizar que se asemeja a las características de este trabajo investigativo.

### **3.6 Instrumentos de investigación.**

Para el presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes instrumentos:

#### **3.6.1 Cuaderno de notas.**

Este objeto fue vital para la investigación ya que en el se anotó la información recaudada en las visitas realizadas a distintas empresas, y permitió almacenar la información de mayor relevancia a corto o largo plazo y utilizarla en el momento idóneo.

### 3.6.2 Cámara fotográfica.

Este instrumento fue útil para almacenar datos que no pueden ser escritos y descritos de forma rápida, permitió analizar las diferentes imágenes capturadas en las visitas técnicas y registrar de manera visual la información más valiosa para los investigadores.

### 3.7 Tratamiento de los datos.

Para la elaboración de cálculos, estimación y comparación de costos se usó el software Excel.

### 3.8 Recursos humanos y materiales.

#### 3.8.1 Recurso Humano.

*Tabla 5. Recurso humano*

<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>
Cuenca Vergara Arick Alejandro.	Investigador.
Murillo Mendoza Melany Paola.	Investigador.
Ing. Moreira Menéndez Mercedes Cleopatra.	Tutor de Investigación.
Ing. Israel Granja	Jefe de Procesos de Producción en Casa Comercial Granja
Ing. Gustavo Pacheco Merizalde	Jefe de Procesos de Producción en Planta Agrigrain
Ing. Eduardo Holguín.	Jefe de Procesos de Producción en Casa Comercial Briones

*Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).*

### 3.8.2 Materiales de campo.

*Tabla 6. Materiales de campo*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Dispositivo móvil.	2
Bolígrafo y lápiz.	4
Cuaderno.	2
Casco de protección.	2
Mascarilla.	2

*Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).*

### 3.8.3 Materiales de escritorio.

*Tabla 7. Materiales de escritorio*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Computadora.	2
Internet.	2

*Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).*

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1 Diagnosticar el proceso actual y etapas del secado del maíz, mediante la utilización del software FlexSim.

Para el diagnóstico del proceso y sus etapas del secado de maíz se realizó un análisis de todas las etapas que comprende el mismo, primeramente, se hizo uso de herramientas como diagramas de flujo, diagrama de procesos, cursograma analítico de procesos y diagramas de recorrido del proceso, posteriormente se procedió a realizar una simulación en el software FlexSim para conocer más a detalle el proceso.

### 4.1.1 Descripción del proceso.

#### 4.1.1.1 Recepción y toma de muestra.

La materia prima que ingresa al establecimiento es el maíz amarillo duro, cosechado y transportado desde el campo hasta la casa comercial, en vehículos de carga pesada que varían su capacidad de entre 10, 15 y 30 ton en adelante, el maíz varía su nivel de humedad en cada proveedor y sobre todo en la temporada en la que esta haya sido cosechado.

Es aquí en la recepción donde inicia todo el proceso, donde se recibe la materia prima y antes de ser descargada una persona toma una muestra del maíz en distintos puntos de la carga, para la recolección de esta se utiliza un recolector de granos para mayor facilidad (Figura 6) [47].

*Figura 6. Toma de muestra de maíz durante la recepción.*



*Fuente: Ramírez Guzmán, Martha Elva; López Tirado, Quito; determinación de metodologías de muestreo y tamaños de muestra en embarques de importación para realizar análisis de laboratorio para granos, 2007*

Para una muestra eficiente la recolección debe realizarse en diferentes puntos de la carga, esta varía dependiendo de las longitudes y capacidad de vehículo que transporta el maíz, se establece que un vehículo con una cantidad de maíz de entre 13 a 20 toneladas son necesarias cinco ubicaciones de muestreo (figura 7) [47].

*Figura 7. Cantidad de muestreo para vehículo de 13 a 20 ton.*



*Fuente: PEGASUS SCIENCE; Muestro para Análisis, 2020.*

Los vehículos que llevan una carga entre las 20 a 32 toneladas se necesita como mínimo una cantidad de ocho ubicaciones de muestreo (figura 8). [47]

*Figura 8. Cantidad de muestreo para vehículos de hasta 30 ton.*



*Fuente: PEGASUS SCIENCE; Muestro para Análisis, 2020.*

#### 4.1.1.2 Muestreo

Según la norma INEN 187:95 el grano de maíz debe cumplir parámetros de humedad, impurezas, y demás (tabla 8) para poder ser recibido, cabe recalcar que la casa comercial tendrá la potestad de decidir si se acoge o no al cumplimiento de la norma al momento de aceptar o rechazar la materia prima. [48]

**Tabla 8.** Requisitos para recepción de maíz.

REQUISITOS	% MÍNIMO m/m	% MÁXIMO m/m	MÉTODO DE ENSAYO
HUMEDAD	13	30	NTE INEN 1 513
IMPUREZAS		10	NTE INEN 1 236
QUEBRADOS		5	NTE INEN 1 236
DAÑADOS			NTE INEN 1 236
Calor		2,0	
Hongos		2,0	
Insectos		2,0	
Otras causas		1,5	

*Fuente:* Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN

*Elaborado:* Arick Cuenca, Melany Murillo (2022)

Las distintas muestras de maíz recolectadas tienen la finalidad de revelar el grado de humedad que contiene el maíz que ingresa a la planta, para la obtención de estos resultados el maíz es colocado en un medidor de humedad electrónico, ver Figura 9 (BAOSHISAHN pm - 450), mediante el cual se analiza si el producto presenta el grado de humedad necesario para el ingreso.

**Figura 9.** Medidor de humedad



*Fuente:* Investigación de campo.

*Elaborado por:* Cuenca Arick,  
Murillo Melany (2022)

Las muestras utilizadas para determinar el grado de humedad que contiene el grano servirán de igual manera para determinar el porcentaje de granos defectuosos que se obtienen de cada muestra tomada, para determinar estos resultados se utiliza un homogeneizador (Figura 10)

que agrupa los granos de manera igualitaria determinando la cantidad de grano dañado por muestra.

*Figura 10. Homogeneizador*



*Fuente: Investigación de campo.*

*Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).*

#### **4.1.1.3 Pesado**

Una vez realizados los análisis de humedad de grano del maíz y llegado a un acuerdo comercial entre el proveedor y la casa comercial, el vehículo será dirigido a una báscula electrónica industrial con una capacidad de 60.000 Kg (Figura 11) en donde se realiza una estimación del peso bruto del cargamento (vehículo + maíz).

*Figura 11. Pesado de maíz en el camión.*



*Fuente: Investigación de campo*

El proceso de pesaje realizado en la báscula electrónica a los diversos vehículos de carga pesada que ingresan al establecimiento cargados de maíz proporciona valores exactos en Kg de la cantidad de materia prima ingresada y de igual manera la cantidad exacta que sale de la casa comercial, logrando mantener un registro real de entradas y salidas del producto.

Hay que tener claro que los resultados obtenidos en la báscula electrónica se identifican de la siguiente manera [49]:

- **Peso bruto:** Peso del camión cargado
- **Tara:** Peso del camión descargado
- **Peso neto:** Peso bruto – Tara

#### 4.1.1.4 Descarga.

En la descarga el vehículo es dirigido a un área de pre-almacenamiento, es allí donde se realiza el vaciado del maíz, este pasa por unas rejillas (Figura 12) para pasar a una tolva que tiene un sistema que va separando las impurezas del grano.

*Figura 12. Rejillas de paso a pre-almacenamiento de maíz*



*Fuente: Investigación de campo.*

*Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Mendoza (2022)*

#### 4.1.1.5 Secado.

El secado aplicado es el secado de flujo continuo, este proceso tiene una duración que puede durar un tiempo de hasta 7 horas en función al grado de humedad que contenga el grano de

maíz, para asegurar un secado óptimo, el operario encargado debe realizar controles de humedad constantes, estos oscilan en períodos de tiempo de entre 15 a 30 minutos.

Este proceso se realiza en la Secadora Mega TC – 80 (Figura 13), una máquina de flujo continuo que cuenta con sensores de temperatura y humedad que permite determinar si el grano se encuentra con una humedad homogénea para poder trabajar de forma continua y sin interrupciones hasta alcanzar el grado de humedad deseado.

*Figura 13. Secadora TC – 80*



*Fuente: Investigación de campo*

*Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)*

De acuerdo con la norma INEN 187:2013 el grano de maíz debe contener un grado de humedad del 13% para poder ser comercializado, es por ello por lo que se realizan controles constantes de humedad para evitar pérdidas en la producción debido al sobre secado del grano. [50].

#### **4.1.1.6 Limpieza.**

El proceso de limpieza inicialmente empezó al momento de la descarga del maíz en la tolva de recepción en la cual se realizó la pre-limpia, en esta se hizo la separación exitosa de todas

las impurezas (granos partidos, hojas, restos de tusa, entre otros.) que podrían afectar de manera considerable el proceso de secado.

Una vez que el grano haya alcanzado su grado de humedad óptimo en el secado, este sale por unos conductos directamente a una zaranda industrial (Figura 14), la cual realiza una limpieza final del maíz, separando las impurezas y granos quebrados que no fueron separados en la pre-limpia o se partieron durante el proceso.

Cabe la necesidad de resaltar que el sistema de limpieza no es únicamente para el producto a procesar, se debe realizar una limpieza general de todas las instalaciones del establecimiento, este proceso es determinante para controlar y evitar la propagación de plagas que afectan directamente a la materia prima, es necesario tener en cuenta que todas las impurezas que se desprenden del maíz quedan almacenadas dentro del área de procesos y que servirán de alimento a insectos que afectaran al producto final y desde luego afectando directamente la economía de la empresa [51].

*Figura 14. Zaranda eléctrica industrial*



*Fuente: Investigación de campo.*

*Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)*

#### **4.1.1.7 Almacenamiento.**

Para la conservación del producto y mantenerlo en un estado limpio, seco y sin defectos listo para ser entregado a los clientes finales, se tiene el acondicionamiento de silos industriales (Figura 15) con capacidad de albergar hasta 11.500 qq de maíz, este es un espacio idóneo para mantener almacenado el producto hasta el momento de ser comercializado y expedido.

El almacenamiento en silos industriales cuenta con la tecnología necesaria (sensores térmicos, sistemas de ventilación, elevadores, válvulas de vaciado y demás) para llevar un control de la calidad del grano almacenado, con la ayuda de estos sensores también se podría identificar la contaminación por plagas e insectos, permitiendo activar los productos pertinentes para la eliminación de estos.

El almacenamiento se lo realiza en silos industriales que conservan el grano en la humedad deseada y lo protege de impurezas, hongos y roedores, que puedan dañar su calidad; el silo se encuentra sellado y con fumigaciones periódicas para evitar la aparición de plagas o insectos hasta que este sea despachado.

Los beneficios de almacenar en silos son múltiples, tomando como referencia a Meproa [52] tenemos los siguientes:

- Mantiene el control periódico de los granos cuidando su calidad física y conservando la humedad ideal.
- Su diseño hermético ofrece la oportunidad de tener una mejor calidad en comparación del producto original, situación que favorece al momento de presentar el producto a los clientes.
- Posibilita los controles de calidad del maíz, así como la programación de despacho del producto, ya que el maíz se conserva en las mejores condiciones sin riesgo a su deterioro.
- Eleva las posibilidades a tener una mayor rentabilidad, ya que el grano puede estar almacenado por largos periodos de tiempo lo que permite comercializar el maíz en temporadas con mejor precio, obteniendo un porcentaje de ganancias más elevado.
- Para su implementación no requiere la existencia de grandes cantidades de terreno disponible, basta solo un buen diseño y distribución de planta.

**Figura 15.** Silos industriales

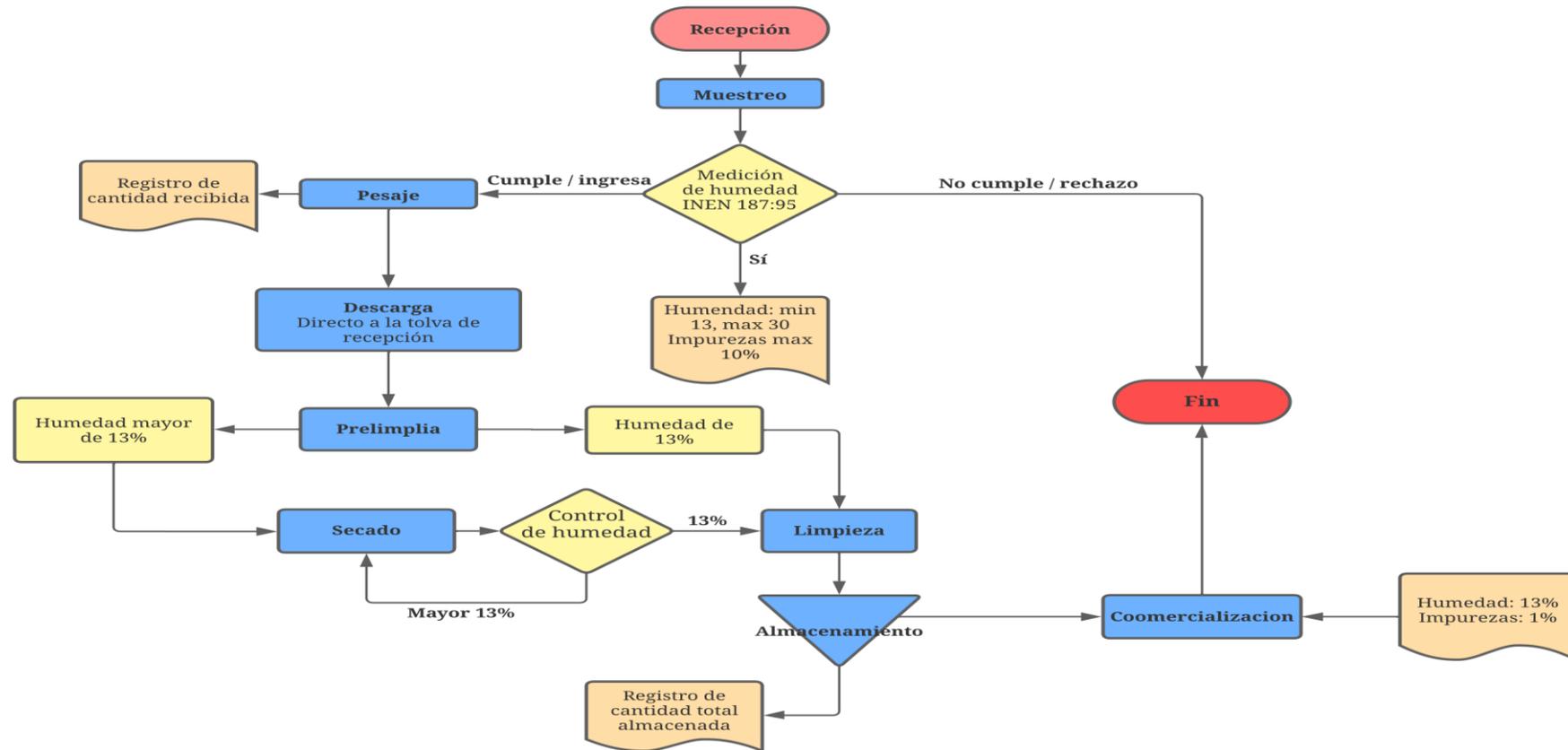


**Fuente:** Meprosa

## 4.1.2 Diagrama del proceso de secado de maíz.

### 4.1.2.1 Diagrama de flujo del proceso de secado.

Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de secado de maíz

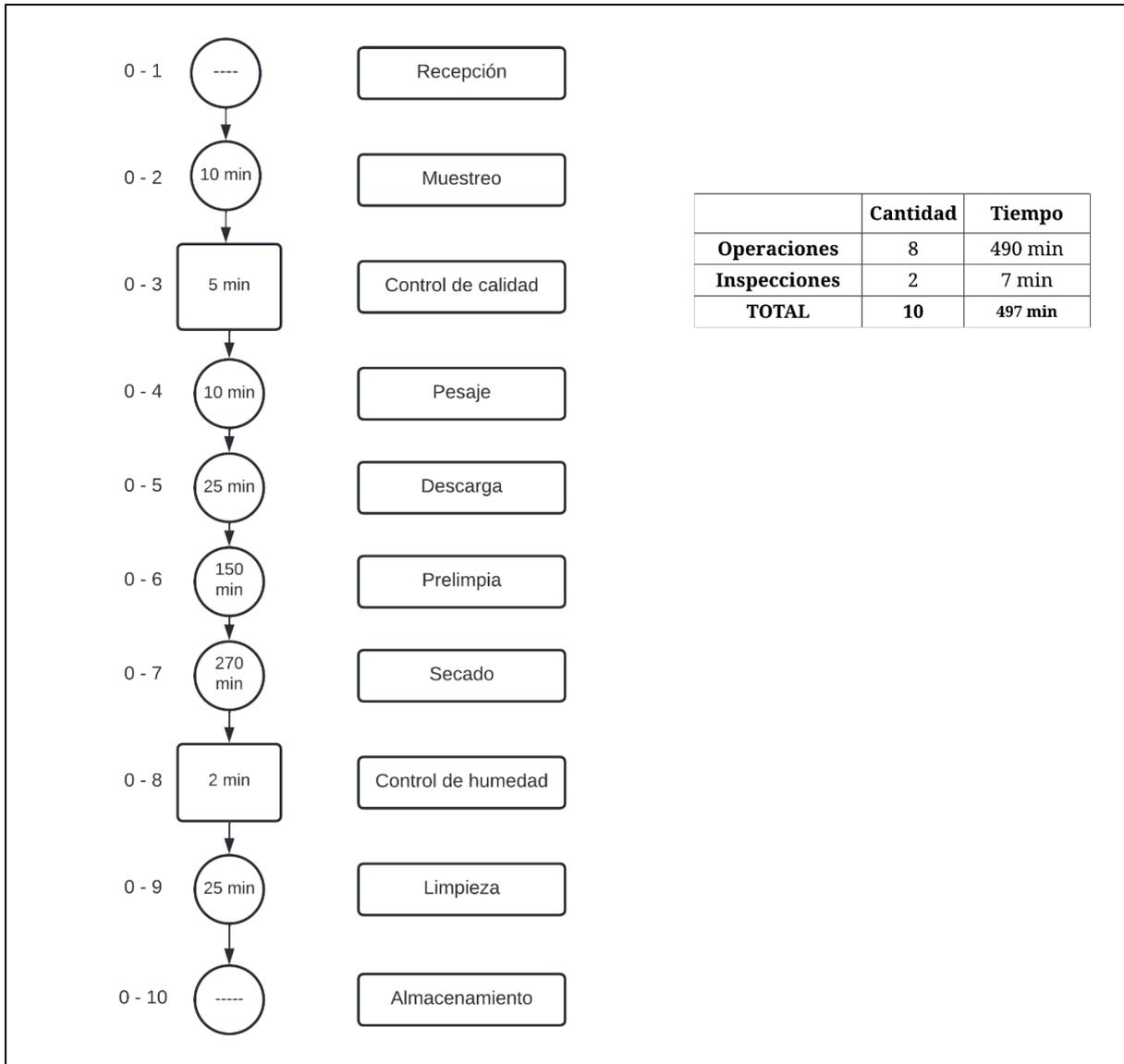


Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

#### 4.1.2.2 Diagrama de operaciones del proceso de secado.

Figura 17. Diagrama de operaciones del proceso de secado de maíz



**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

**Interpretación:** Mediante el diagrama de operaciones realizado se visualiza la materia, la secuencia de todas las operaciones, inspecciones y tiempos que toma el proceso de secado de maíz, mismo que cuenta con ocho (8) operaciones que tienen un tiempo de 490 min y dos (2) inspecciones que suman 7 min, teniendo un total de 497 min entre operaciones e inspecciones en el proceso de secado.

### 4.1.2.3 Cursograma de operaciones del proceso de secado

Tabla 9. Cursograma de operaciones del proceso de secado de maíz.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE SECADO DEL MAÍZ.							
Diagrama N°:	Resumen por:	METODOLOGÍA ACTUAL					
		Número	Tiempo (min)				
Método: Presente.	○ Operación ⇨ Transporte □ Inspección D Demora ▽ Almacenamiento.	7	485				
Tipo: Recorrido de Material.		2	5				
		2	7				
		0	...				
		2	720				
Indicaciones cuantitativas	Total	13	1217				
Descripción	Actividad					Tiempo (minutos)	Observación
	○	⇨	□	D	▽		
1	Recepción.	●					...
2	Muestreo	●					10
3	Inspección de calidad.			●			5
4	Entrada a báscula.		●				2,5
5	Pesado.	●					5
6	Salida de báscula.		●				2,5
7	Descargue.	●					25
8	Almacenamiento provisional.					●	720 Se considera un tiempo de almacenamiento no mayor a 12 horas
9	Prelimpia.	●					150
10	Secado.	●					270
11	Control de Humedad			●			2
12	Limpieza de Impurezas.	●					25
13	Almacenamiento.					●	...
<b>TOTAL</b>		<b>11</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1217</b>

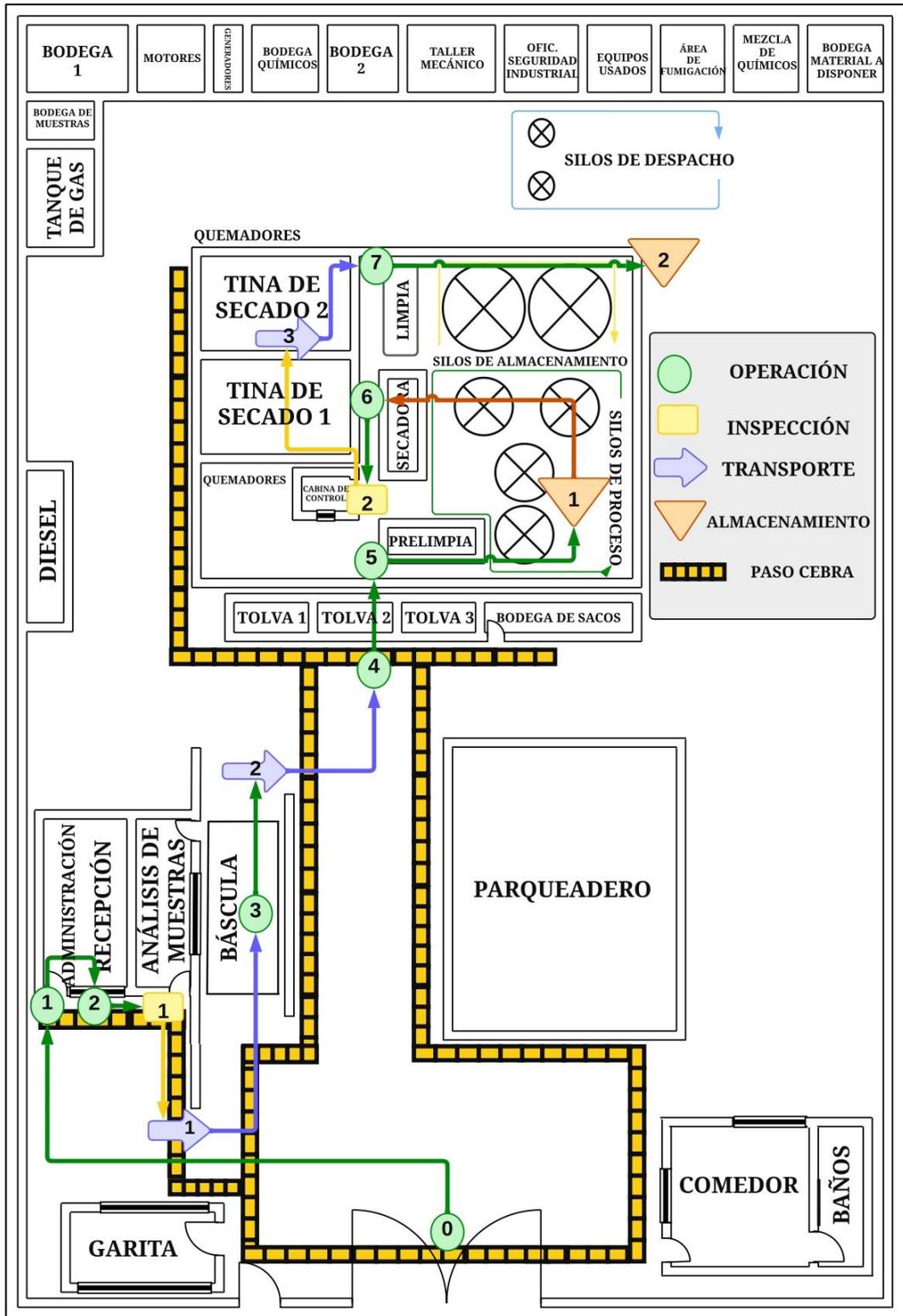
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

**Interpretación:** Mediante el cursograma analítico actual realizado al proceso de secado de maíz, se detalla la secuencia de todas las operaciones, transportes, control, almacenamiento provisional y almacenamientos, con los tiempos y las distancias recorridas que se debe seguir para el proceso de secado, en este se puede notar que el proceso que puede conllevar más tiempo es el almacenamiento provisional con un tiempo de hasta doce horas, este tiempo va en función del grado de humedad con la que llega el grano a la casa comercial, ya que el grano con un alto porcentaje de humedad pasa directamente a ser secado.

#### 4.1.2.4 Diagrama de recorrido del proceso de secado de maíz

Figura 18. Diagrama de recorrido del proceso de secado de maíz.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

**Interpretación:** Mediante el diagrama de recorrido, se visualiza la distribución de la planta y el recorrido de las actividades que intervienen dentro del proceso de secado de maíz, como; recepción, pesaje y muestreo, almacenamiento, secado de maíz, pre limpia y limpieza, estos se muestran dentro de sus respectivas áreas, como se muestra en el cursograma presentado en la tabla 9, todo este proceso tiene un tiempo no estándar de hasta 12017 minutos.

### **4.1.3 Desarrollo del modelo de simulación del proceso de secado de maíz.**

El modelo de simulación presenta la producción de un mes en una jornada de producción con alta demanda, los valores son referentes de las muestras que se realizaron mediante el estudio de tiempos de las actividades del proceso de secado de maíz.

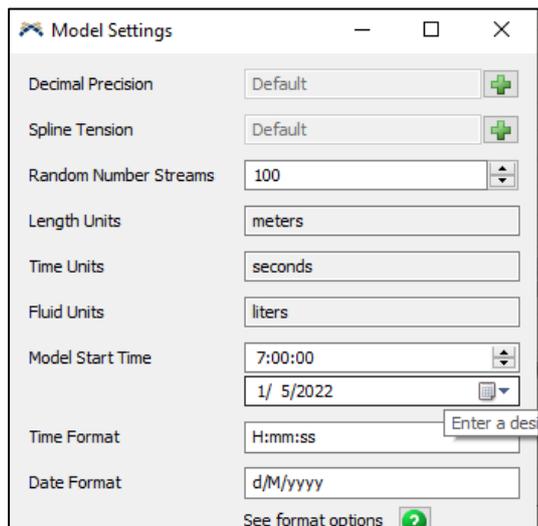
#### **4.1.3.1 Configuración del modelo.**

La versión del software utilizado en el modelado de la simulación 3D es FlexSim 2019, en el cual se configuraron las unidades de medida acordes para el modelo:

- Unidades de longitud: metros (m)
- Unidad de tiempo: segundos (s)
- Hora de inicio del modelo: 07:00:00 am
- Fecha de inicio de simulación: 26/10/2022

Estas unidades de medida son las primordiales para iniciar con el modelado, como se muestra en la figura 19.

**Figura 19.** Unidades de medida del modelo.

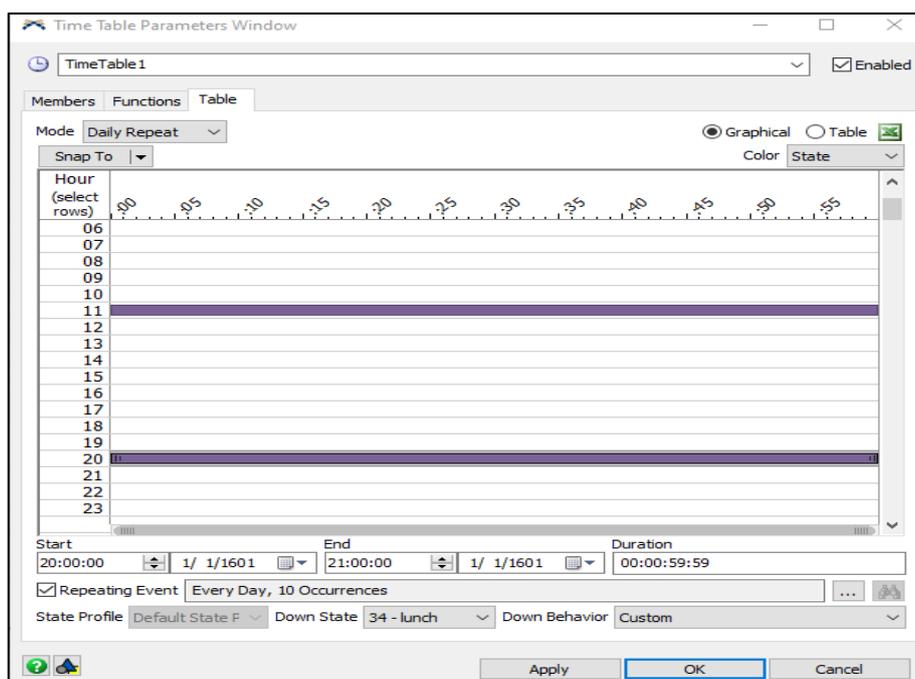


**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

Para la ejecución de la simulación se presentan datos de 30 días, que se obtuvieron con la investigación de campo realizada, se conoció que para llevar a cabo las labores en el proceso de secado se cuenta con dos jornadas de trabajo de 8 horas cada una, las que comprenden de 07:00 am a 11:00 am y de 12:00 a 16:00 pm y la segunda jornada de 16:00 pm a 20:00 pm y de 21:00pm a 01:00 am (figura 20).

**Figura 20.** Jornada de trabajo.



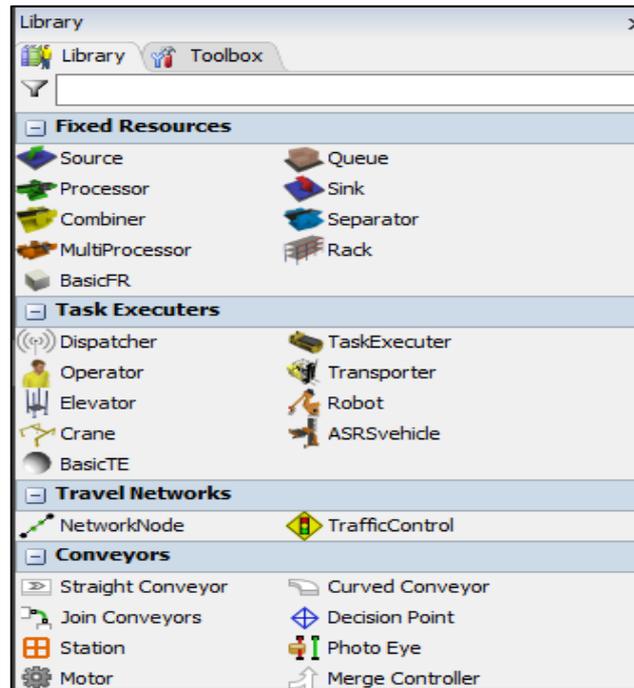
**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

#### 4.1.3.2 Proceso de creación de la simulación

Para la creación de este se toma a consideración operaciones, transportes y almacenamientos del proceso, que serán representados por los Flow ítems (figura 21) que proporciona el software FlexSim 2019; a continuación, se presenta el paso a paso de la creación del modelo a simular:

Figura 21. Herramientas del Software FlexSim 2019.



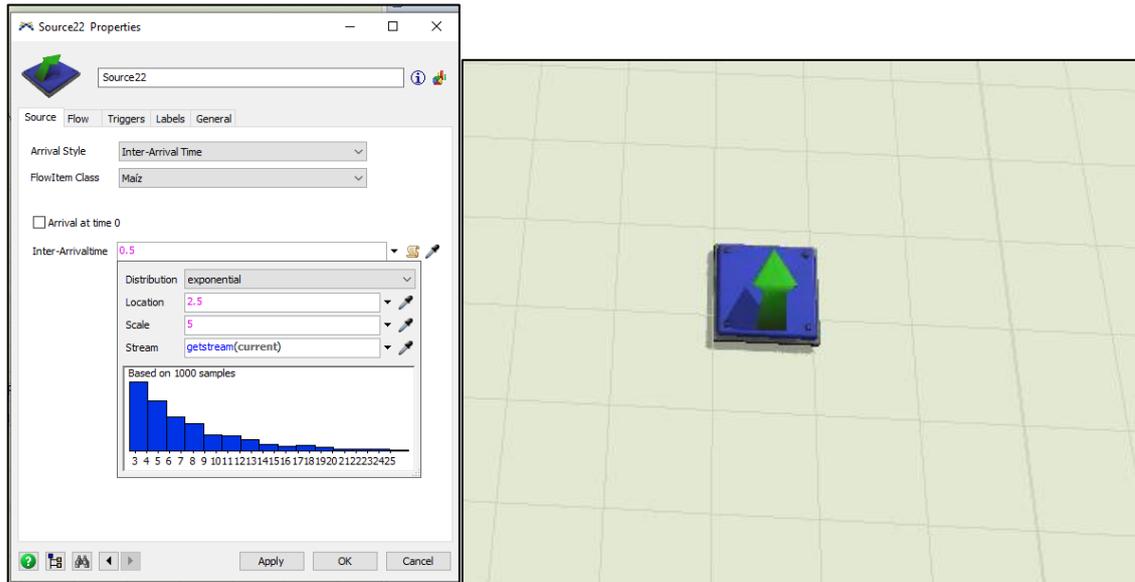
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

En la simulación del proceso de secado de maíz ya descrito anteriormente, se utilizarán las herramientas descritas cuyas funciones a cumplir dentro del modelo, son las siguientes:

**Fuente (Source):** Este Flow ítem fue utilizado para simular la creación de la materia prima (maíz) por parte de los distintos proveedores, para lo cual se han añadido 3, estos se les ha asignado una frecuencia de llegada exponencial (figura 22), simulando que no se puede determinar con exactitud el tiempo de llegada que estos tendrán a la casa comercial.

**Figura 22.** Herramientas del Software FlexSim 2019.

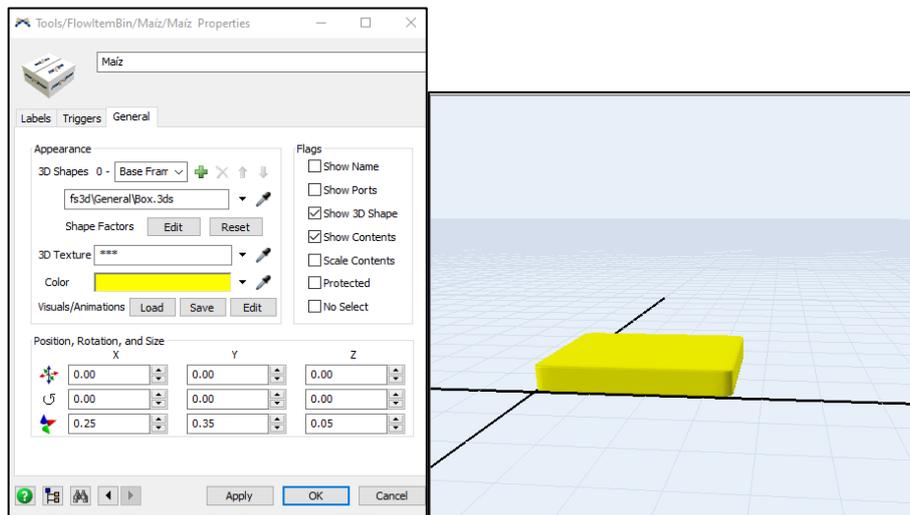


*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

El maíz será representado por cajas de color amarillo con una dimensión de 0.25 largo, 0.35 de ancho y 0.05 de profundidad (la medida es representada en metros) tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 23.** Herramientas del Software FlexSim 2019.



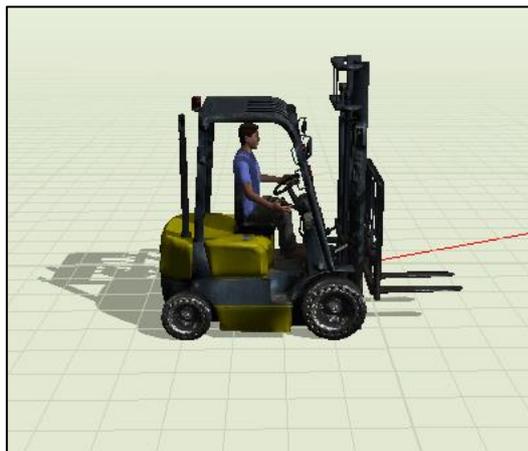
*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

**Transportador (Transporter):** Estos serán los encargados de transportar la materia prima que ingresa y sale de la casa comercial, para su identificación se les designaron los colores amarillo y verde:

- **Amarillo:** Representará al transporte que dirige la materia prima proveniente de los proveedores hacía la casa comercial (figura 24).

*Figura 24.* Transporter 1.

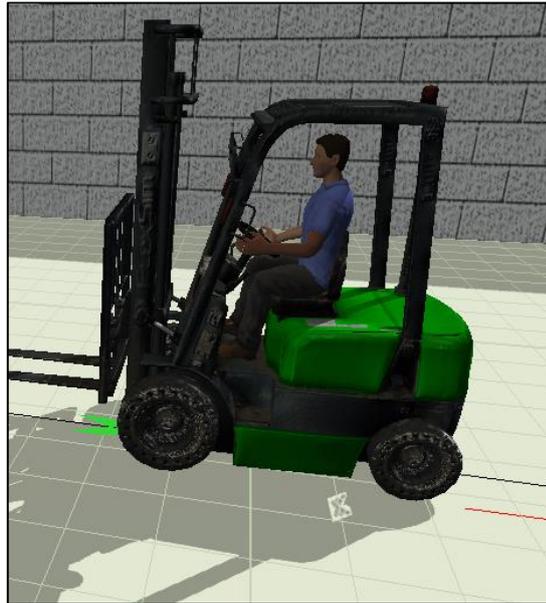


*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

- **Verde:** Este se encargará de transportar el producto terminado (maíz seco) hacía su destino final (figura 25).

*Figura 25.* Transporter 2.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

### **Procesador (Processor):**

- **Processor 1:** Denominado MUESTREO (figura 26), se encargará de realizar una inspección a la materia prima recibida, en el se simulará el registro de la cantidad de maíz que ingresa y su porcentaje de impurezas.

*Figura 26.* Processor MUESTREO.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

- **Processor 2:** Nombrado SECADORA (figura 27), simulará el proceso de secado del maíz, tendrá una capacidad de 1200 qq con un tiempo de proceso de 4, 5 horas (16200 segundos).

**Figura 27.** Processor SECADORA.

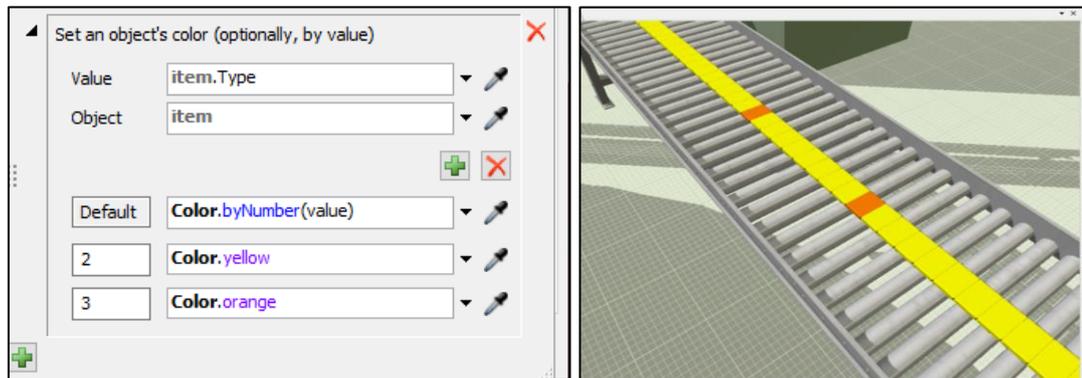


*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

Para la identificación del maíz seco y el maíz quebrado que sale en el proceso se les asignaron los colores; amarillo para el maíz seco y anaranjado para el maíz que se encuentre quebrado (figura 28).

**Figura 28.** Configuración - Processor SECADORA.



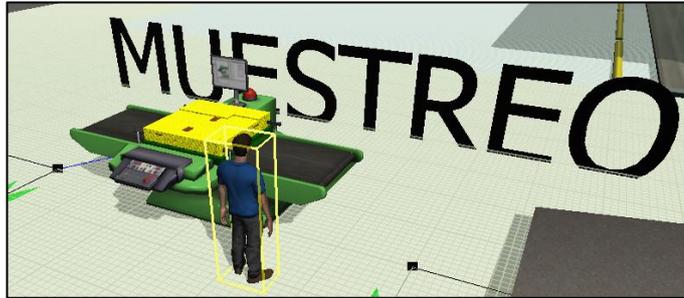
*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

**Operador (Operator):** Encargado de simular la operación que se realiza en el processor, debido a que la simulación tiene 2 processor, habrá 2 operadores que se distinguen de la siguiente forma:

- **Operador 1:** Manejando el processor (MUESTREO) y utilizando uniforme color azul (figura 29).

*Figura 29.* Operator 1.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

- **Operador 2:** Estará junto al processor (SECADORA) simulando el control de humedad y temperatura en el proceso de secado del maíz, será identificado por usar el uniforme color verde (figura 30).

*Figura 30.* Operator 2.



*Fuente:* Investigación de campo.

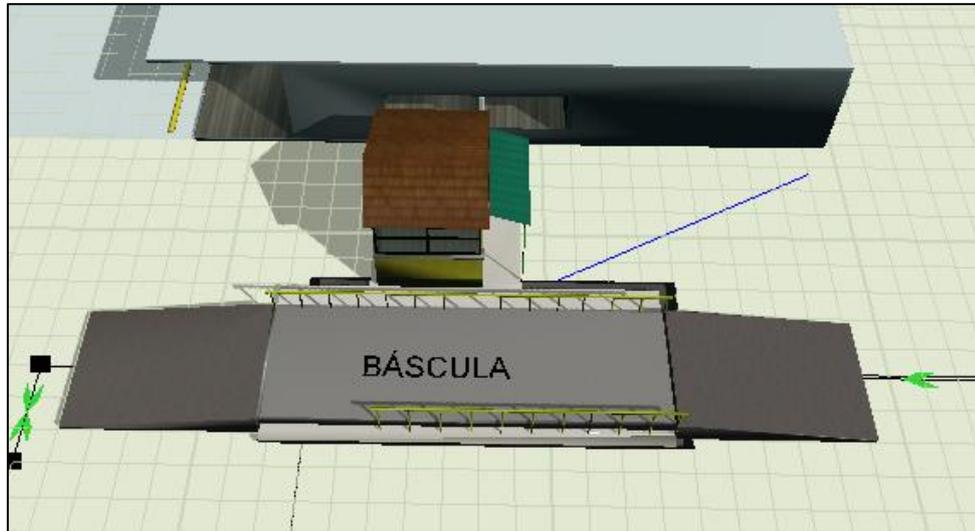
*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

**Almacenamiento (Queue):** Será uno de los elementos más utilizados en el modelado ya que el proceso cuenta con varios almacenamientos y áreas de espera, entre las cuales están:

- **Báscula:** Este queue (figura 31) cuenta con una capacidad de 30000 unidades, se estima el ingreso de transportes con la capacidad de 30 Toneladas, con un tiempo de

espera en cada ingreso del producto de 300 segundos (5 min) según su configuración (figura 32).

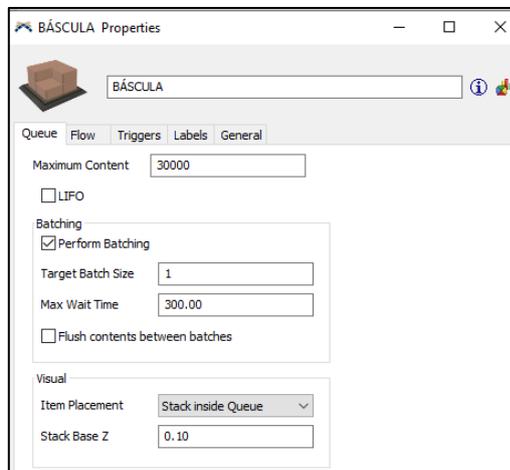
*Figura 31.* Queue - BÁSCULA.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

*Figura 32.* Configuración Queue – BÁSCULA

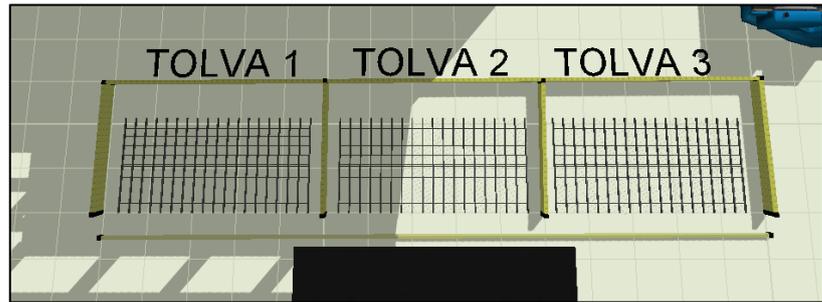


*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

- **Zona de descarga:** Esta área comprenderá de 3 queue más que representan las tolvas de descarga de maíz (figura 33), estas se configuraron (figura 34) para que tengan una capacidad de 100 elementos y sin tiempo de espera para evitar que se acumulen los objetos.

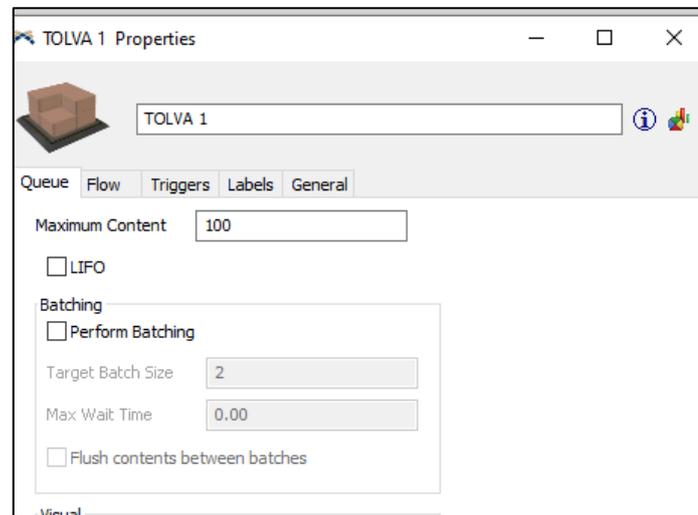
**Figura 33.** Queue – ZONA DE DESCARGA



**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

**Figura 34.** Configuración Queue – ZONA DE DESCARGA.

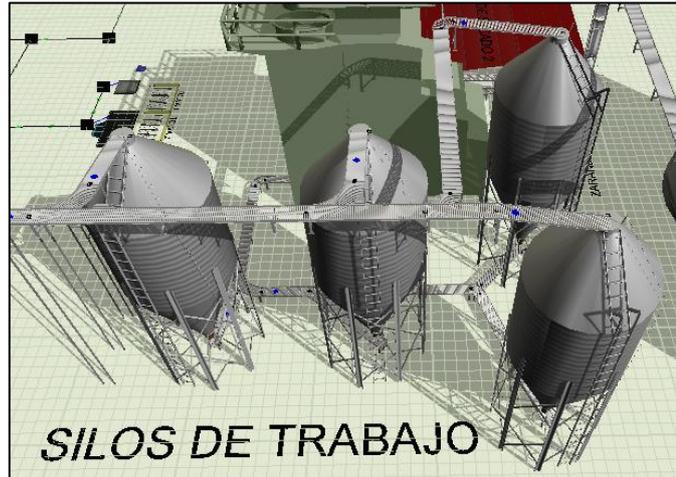


**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

- **Silos de trabajo:** Esta área está conformada por 4 queues que simulan a 4 silos de trabajo o almacenamiento temporal (figura 35) en donde se almacena el maíz hasta que pueda ser procesado (secado), estará almacenado por un tiempo de 12 horas (43200 segundos) y una capacidad de 2000 unidades (figura 36) cada uno.

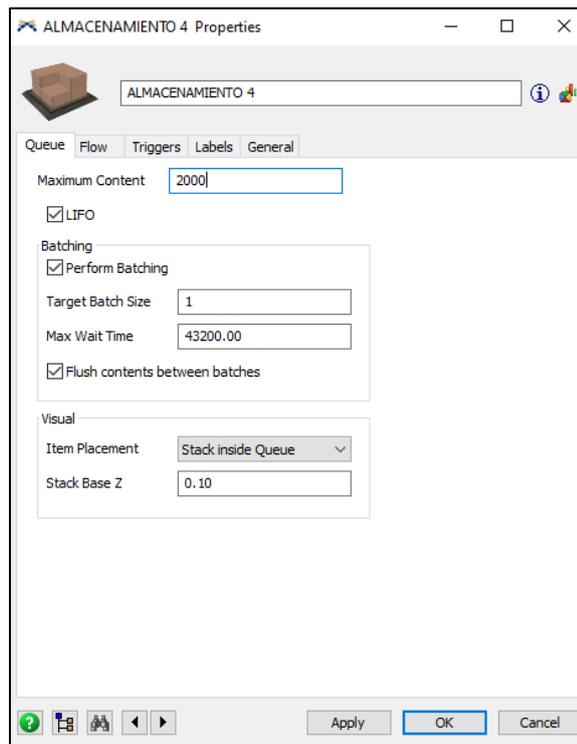
**Figura 35.** Queue – SILOS DE TRABAJO.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

**Figura 36.** Configuración Queue – SILOS DE TRABAJO.

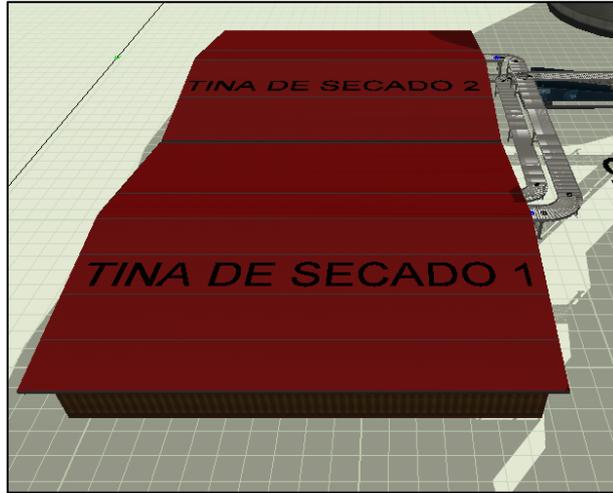


*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

- **Tinas de secado:** Las tinas de secado (figura 37) se utilizan para almacenar el maíz hasta que este se enfríe y se traslade a su siguiente área, se utilizaron 2 queue con una capacidad de 2000 elementos cada uno y un tiempo de espera 2 horas (7200 s) según su configuración (figura 38).

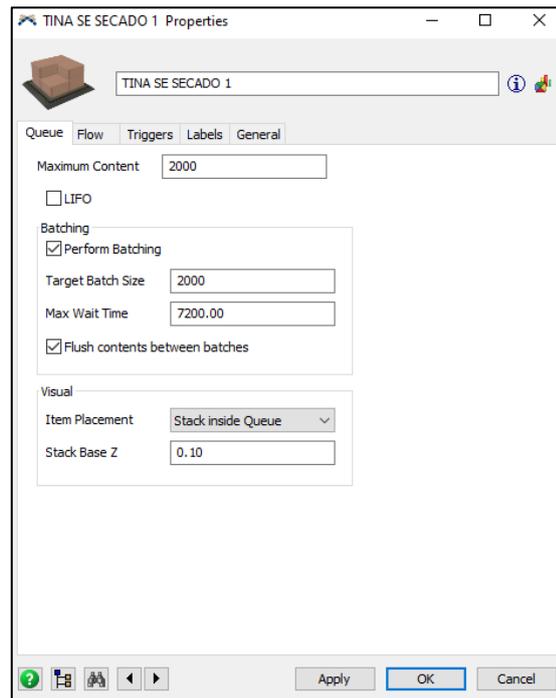
**Figura 37.** Queue – TINAS DE SECADO.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

**Figura 38.** Configuración Queue – TINAS DE SECADO.



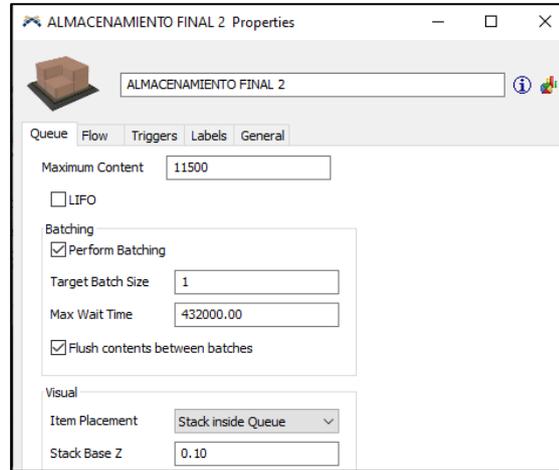
*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

- **Silos de almacenamiento:** Cuentan con la mayor capacidad de elementos y el mayor tiempo de espera (figura 39), almacenan todo el maíz procesado en la planta y pueden

tardar hasta 6 meses en ser despachados, constan de 2 queues tal como se observa en la figura 40.

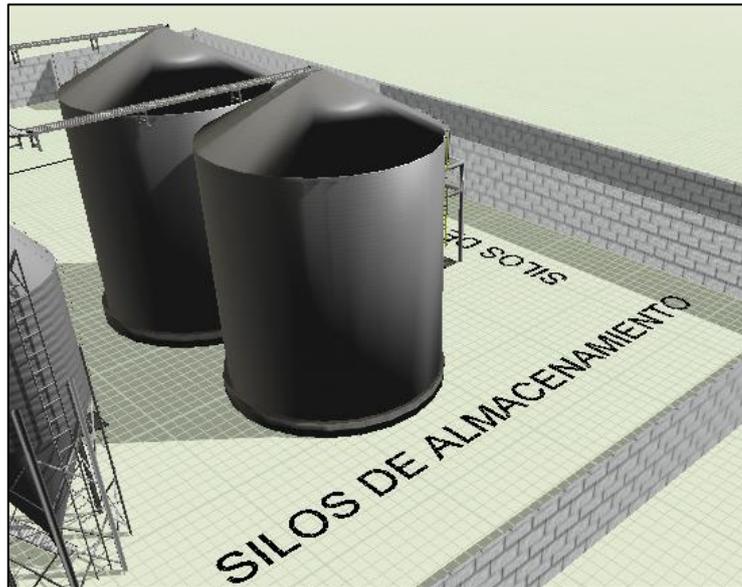
**Figura 39.** Configuración Queue – SILOS DE ALMACENAMIENTO.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

**Figura 40.** Queue – SILOS DE ALMACENAMIENTO.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

- **Silo de despacho:** Cuando existe un despacho programado con anticipación, se utiliza un solo queue (figura 41), debido a que su capacidad es 800 unidades y no cuenta con un tiempo de espera determinado.

Figura 41. Queue – SILO DE DESPACHO.



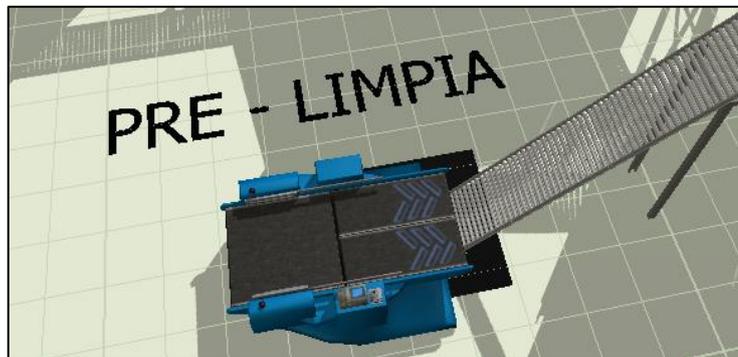
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

### Separador (Separator):

- **Pre – limpia:** Se encarga de separar las impurezas que contiene el maíz al momento de su ingreso (figura 42).

Figura 42. Separator – PRE – LIMPIA.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

- **Zaranda vibratoria:** Cumpliendo con la misma función de la pre-limpia, la diferencia se nota en los productos que separa, maíz seco y maíz quebrado (figura 43).

**Figura 43.** Separator – ZARANDA VIBRATORIA.

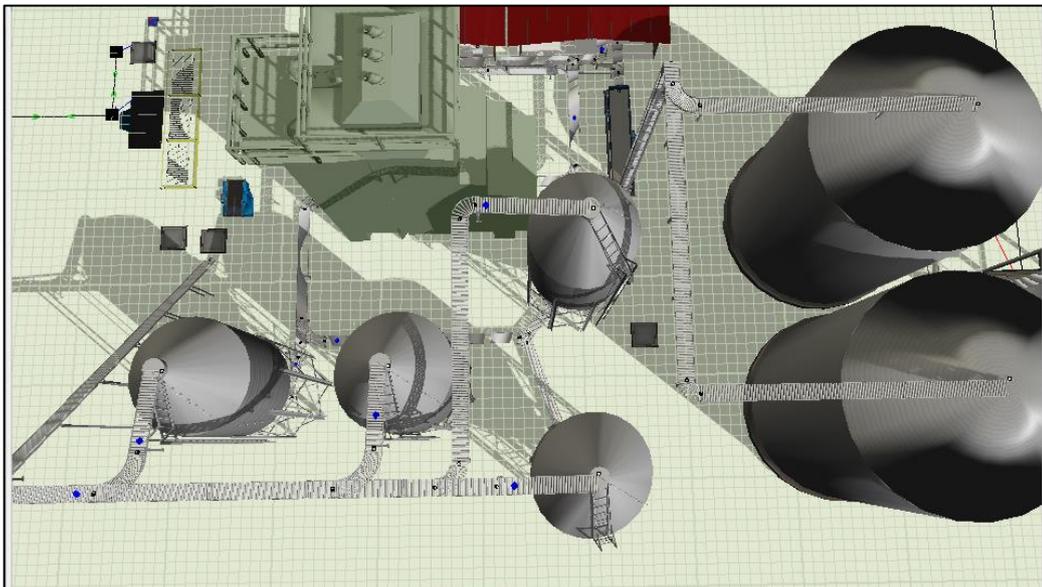


*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

**Transportador (Conveyor):** Permite trasladar los elementos de un área a otra, tiene una ruta establecida en el modelado y en el se desplaza el producto durante el proceso de secado (figura 44).

**Figura 44.** Conveyor.

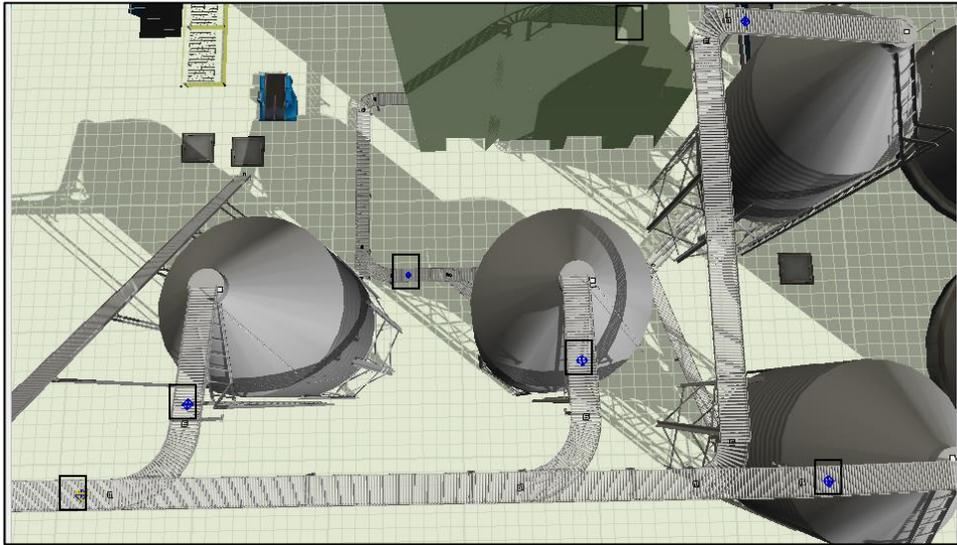


*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

**Punto de Decisión (Decision Point):** Situado en los transportadores (conveyor) sirve de apoyo para estos (figura 45), ya que estos distribuyen el producto en destinos distintos, este ayuda a que su distribución sea uniforme y no en un solo puerto.

**Figura 45.** Decisión Point.

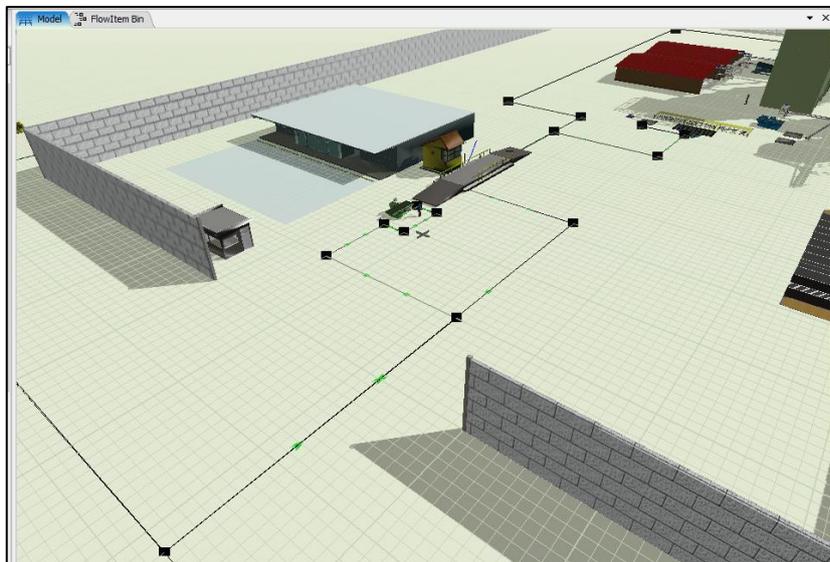


*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

**Nodo de red (Network Node):** Es la línea recta con puntos de referencia cuya función es trazar la ruta por donde el transporte se desplaza dentro y fuera del área de trabajo (figura 46).

**Figura 46.** Network Node.



*Fuente:* Investigación de campo

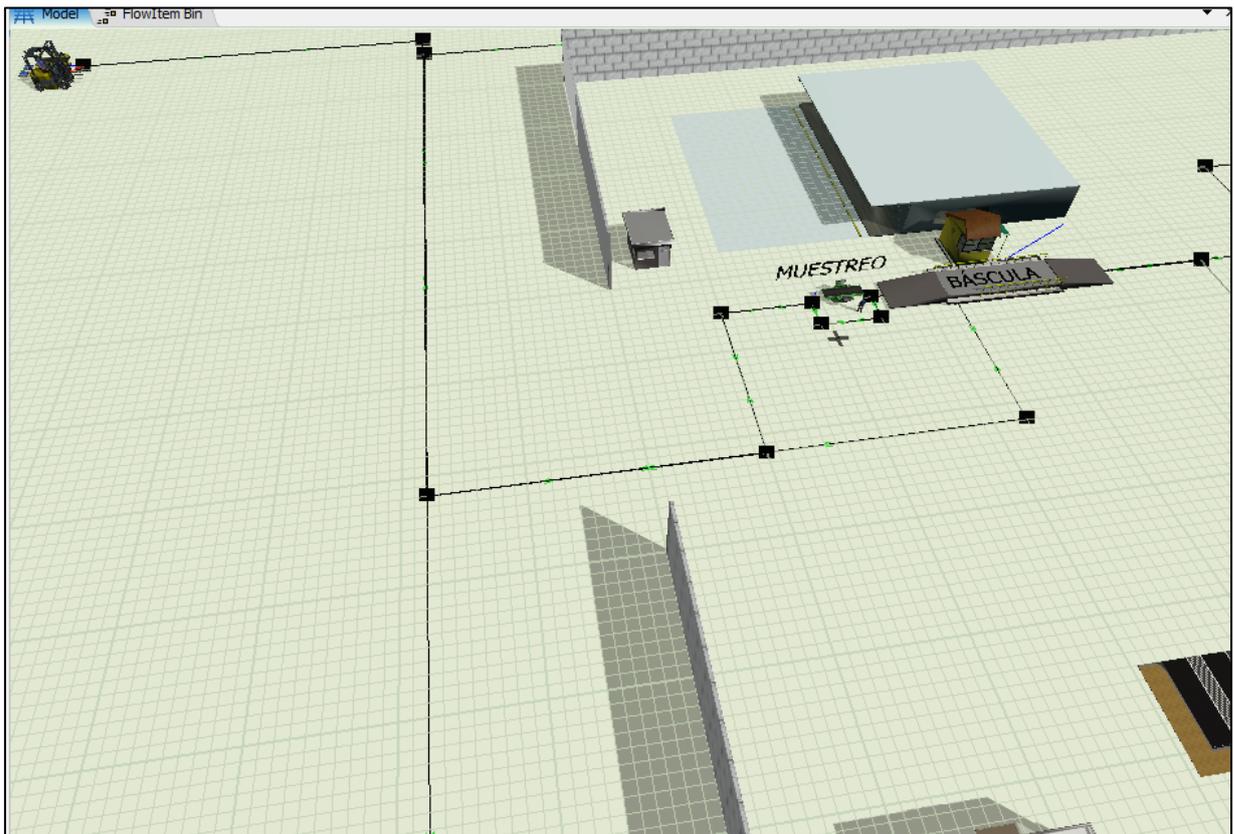
*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

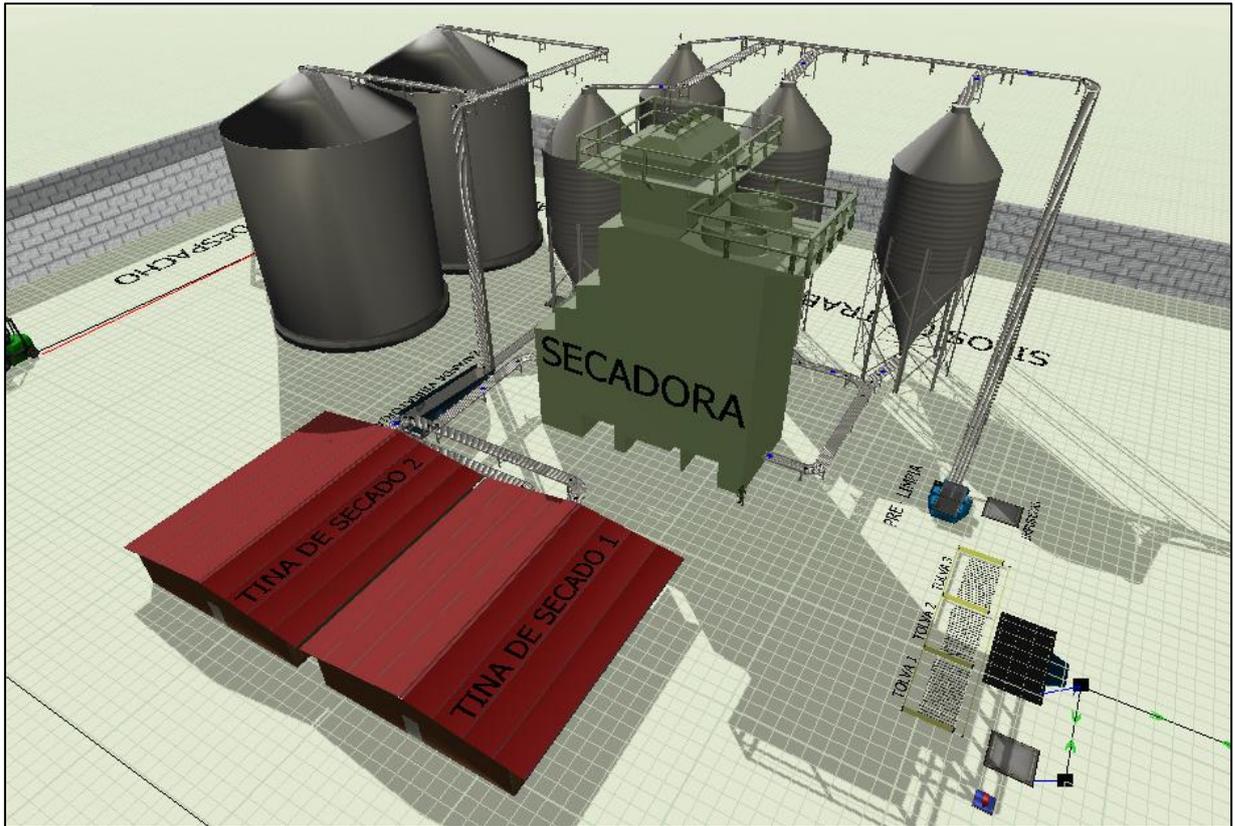
#### 4.1.3.3 Demostración Gráfica del proceso de secado de maíz mediante el software FlexSim 2019.

Para el diseño de la simulación de proceso de secado de maíz se trató de asemejar en lo mayor posible al diseño del plano basado en las investigaciones de campo realizada en las distintas casas comerciales que se pudieron visitar, la finalidad de simular el proceso de secado es dar a conocer con mayor claridad los distintos procesos que atraviesa el grano de maíz para poder llegar a un almacenamiento final y posteriormente su comercialización.

Se tomó como referencia datos de 30 días más activos laboralmente, en el inicio de la temporada de cosecha del producto y por ende el momento en el que el trabajo aumenta, mediante esta simulación se busca dar a conocer más a detalle el funcionamiento del proceso y la maquinaria que interviene en el proceso.

*Figura 47.* Simulación de proceso de secado de maíz.





**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cuenca Arick, Murillo Melany (2022).

## 4.2 Calcular el costo real del proceso de secado.

En este resultado se presenta la metodología empleada para obtención de los costos del secado de maíz, para lo cual el G.L.P. Agorindustrial representa el principal combustible empleado para el secado de maíz, arroz y soja, según Acuerdo N° 139 - Uso de gas licuado de petróleo (GLP) para el sector agroindustrial dedicado al secado de granos.

- **Gasto de combustible.**

El consumo de combustible está reflejado por la energía específica, demanda de combustible, costo de este y horas de secado. El consumo de energía viene especificado por el fabricante según el tipo de secadora. En este caso se trata de la secadora Mega TC-80.

*Tabla 10. Costo de combustible*

Consumo de energía (Kcal/h)	Demanda total de combustible G.L.P. (Kg/h)	Costo GLP Agroindustrial (USD/Kg)	Tiempo de secado (h)	Costo Total (UDS)	
				Humedad inicial: 35%	Humedad final: 13%
3500000	294.93	0,188384	5,34	296.69	

*Fuente: Investigación de campo*

*Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)*

**Nota:** poder calorífico del GLP 11.867 Kcal/Kg.

El costo que se obtiene para secar un lote de producción con una humedad inicial del 35% y alcanzando una humedad final del 13% implica un costo de 296,69 dólares, se debe tomar en cuenta que el GLP para el sector agrícola es un producto subsidiado por el estado conforme acuerdo Nro. - Uso de gas licuado de petróleo (GLP) para el sector agroindustrial dedicado al secado de granos.

Sin embargo, si se pone en consideración el costo del GLP sin subsidio, esto es considerando el precio del Kg/G.L.P. Industrial, el costo del secado de un lote de producción sería el siguiente (Ver tabla 11):

**Tabla 11.** Costo de combustible sin subsidio

Consumo de energía (Kcal/h)	Demanda total de combustible G.L.P. (Kg/h)	Costo GLP Agroindustrial (USD/Kg)	Tiempo de secado (h)	Costo Total (UDS)	
				Humedad inicial: 35%	Humedad final: 13%
3500000	294.93	0,914899	5,34	1.440,89	

*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

Entonces secar un lote de producción con GLP Industrial sin subsidio es de USD 1.440,89 dólares, frente a los USD 296,69 dólares que implica secar con combustible subsidiado.

### **4.3 Analizar el beneficio económico de un sistema de colectores solares de aire en el proceso de secado.**

Para realizar una comparación entre el proceso actual y una alternativa del proceso de secado del maíz se realizaron visitas a varias casas comerciales, en la cual se pudo conocer que entre las empresas visitadas emplean sistemas de secado mixto, tipo estacionario y de flujo continuo, el cual fue descrito en el resultado Nro. 1, la alternativa a comparar es el uso de colectores solares de aire en el proceso de secado del grano de maíz, con la finalidad de reducir considerablemente los costos del proceso.

Hay que tener en cuenta que la cantidad de energía que puede aportar un colector no es de gran impacto en comparación a las que estas grandes instalaciones necesitan para su funcionamiento.

#### **4.3.1 Proceso de secado usando colectores de aire.**

La utilización de un colector solar de aire brinda muchos beneficios por su ahorro energético y una reducción de los costos por uso de combustibles, ya que este trabaja directamente con la energía proveniente del sol, lo que hace es absorber la absorber toda la carga energética que produce la radiación solar.

Los colectores solares de aire tienen un diseño óptimo para el secado de productos agrícolas como lo es maíz y entre otros, estos productos para ser secados requieren grandes cantidades de energía, por lo que los colectores harán una fusión de trabajo con la maquina secadora, esto se debe a la dependencia que tienen los colectores solares a las condiciones climáticas presentadas durante el día.

Como el nivel de temperatura expulsada en forma de aire que proviene de los colectores no alcanza los requerimientos necesarios para el secado y este a su vez solo puede ser realizado durante el día, permitirá aprovechar toda la energía captada por la radiación y de manera inmediata transmitida al proceso, reduciendo los costos por combustible.

Para entender mejor como trabaja este producto se realizó una descripción del proceso de trabajo, el cual inicia, como lo se mencionó anteriormente, con la captación de la radiación

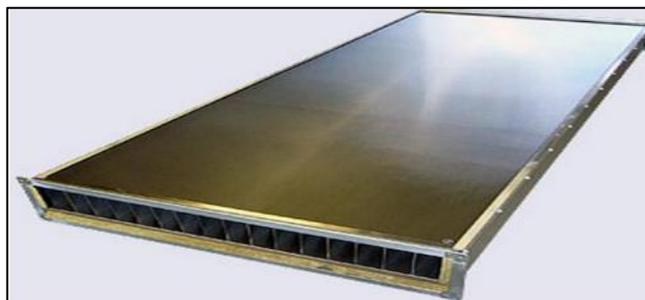
solar producida durante el día, la cual obviamente puede cambiar, pero esto dependerá únicamente de los cambios climáticos que existan; esta captación de energía causará un elevamiento en la temperatura del aire que realiza su paso por el colector, este mismo será direccionado hacia el quemador con la ayuda de ventiladores, el aire requerido será medido por el caudal que proporcionan los colectores, por lo que no será necesario el uso de un ventilador adicional; luego de que el quemador haya calentado el aire, este será introducido al lecho de granos para que al momento de su paso aumente la humedad relativa y disminuya la humedad del maíz, dicho aire húmedo será succionado hacia el exterior de la máquina.

Como no existe una norma que determine la cantidad mínima y máxima de uso de colectores, y teniendo en cuenta la gran cantidad de energía que se requiere para el funcionamiento de esta secadora, se determina la cantidad de  $1600\text{ m}^2$ , separados por líneas de  $20\text{ m}^2$  que vienen dadas por el fabricante, para la elección de estas dimensiones se toma en cuenta el caudal que emiten los 80 colectores, los cálculos serán presentados más adelante.

#### **4.3.1.1 Datos técnicos del colector solar.**

Tras la búsqueda de un colector solar idóneo para este tipo de procesos se pudo determinar que el JUMBO SOLAR (figura 48) cumple con las características necesarias para efectuar este tipo de trabajos, está diseñado específicamente para secaderos, o cualquier industria que tenga la necesidad de aire caliente en sus operaciones [53].

*Figura 48.* Colector solar de aire.



*Fuente:* GRAMMER.

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

En la figura 48 se da a conocer la imagen que posee el colector, el cual cuenta con las siguientes dimensiones, peso y capacidad.

- Longitud, ancho y altura: (2500, 1003 y 187) mm.
- Peso: 75 KGg.
- Rendimiento térmico: 1675 Wpeak.

Las especificaciones técnicas del colector solar de aire se presentan a continuación en la tabla 12, cabe especificar que todos los valores se refieren a la superficie de apertura.

**Tabla 12.** Datos técnicos de colector solar de aire.

Valores de medida	Símbolo	Unidad	Valor típico
Factor de conversión para diferencia de temperatura $t_{es} - t_a = 0$	$\eta_0$		0,794
Factor lineal de eficiencia en colector	$A_1$	W/(m <sup>2</sup> x K)	9,508
Factor cuadrático de eficiencia en colector	$A_2$	W/(m <sup>2</sup> x K <sup>2</sup> )	0
Factor corrector de ángulo incidente	$K_0(50^\circ)$		0,94
Temperatura de estanqueidad		°C	140
Rango caudal de aire recomendado		m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )	20 – 100
Perdida de presión en GLK con 250 mm		Pa	13,7
Máxima presión de funcionamiento		Pa	400
Superficie bruta	$A_G$	m <sup>2</sup>	2,51
Peso de colector		kg	80
Carga superficial <sub>1)</sub>		kg/m <sup>2</sup>	36
Máxima carga por viento y nieve <sub>2)</sub>		kN	6,3

*Fuente:* GRAMMER.

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

Para calcular la temperatura a la cual van a trabajar los colectores, se debe identificar el caudal al cual va a ingresar el aire.

Con la guía de la ficha técnica del colector solar de aire, se conoce que poseen un caudal de entre 20 – 80 m<sup>3</sup>/h, para el cual se toma un caudal de 80 m<sup>3</sup>/h que multiplicándolo por los 1600 m<sup>2</sup> que tiene la dimensión total, se tiene como resultado un caudal total de 128000 m<sup>3</sup>/h.

Donde se emplea la fórmula (fórmula 1) para encontrar la temperatura a cuál llegará el proceso con la utilización de los colectores.

*Fórmula 1. Caudal de colector.*

$$\text{caudal} \left( \frac{m^3}{min} \right) = \frac{\text{consumo energetico} \left( \frac{Kcal}{h} \right)}{\Delta t * 17}$$

Donde:

$\Delta t = \text{diferencia entre la temperatura de secado y la temperatura ambiente.}$

$17 = \text{constante de Foster.}$

A continuación, se calcula la temperatura necesaria para el consumo energético, se debe recordar que la cantidad a secar era 80 toneladas a 100°C, y porcentaje de humedad a reducir era 35% a 13%, si no existe una variación en la cantidad de granos a secar, entonces la temperatura es la siguiente:

$$3200 \frac{m^3}{min} = \frac{3500000 \frac{Kcal}{h}}{(t_{\text{secado}}^a - 22) * 17}$$

*Fórmula 2. Temperatura de secado.*

$$(t_{\text{secado}}^a - 22) = \frac{3500000 \frac{Kcal}{h}}{3200 \frac{m^3}{min} * 17}$$

$$t_{\text{secado}}^a = 86^\circ$$

Por lo tanto, se obtiene que la temperatura descendió de 100°C a 86°C para obtener una misma tasa de secado, por otro lado, el clima es cambiante y podría haber ocasiones en que la temperatura del aire que sale del colector aumente y produzca un sobre secado en el grano de maíz, para ello se podría aumentar la cantidad del producto y regular la temperatura de salida del aire.

Para conocer el ahorro que generará la instalación del sistema de colectores solares de aire se calcula la cantidad de energía total que esta consume, para ello se multiplica la cantidad

de energía producida por metro cuadrado y por la superficie total de la instalación (fórmula 3).

*Fórmula 3. Consumo de energía total.*

$$388,84 \frac{KWh}{m^2} \times 2400 m^2 = 933\,216 KWh$$

Sabiendo la cantidad de energía consumida por la instalación se encontrará a los Kg de GLP a los que este equivale, estimando que el quemador trabaja al 85% de su capacidad, se tiene:

*Fórmula 4. Combustible consumido.*

$$\frac{\text{Consumo de energía total}}{\text{Poder calorífico} * \text{rendimiento quemador}}$$

$$\frac{933126 KWh}{13385 \frac{KWh}{kg} \times 0,85} = 82 Kg$$

*Tabla 13. Costo total.*

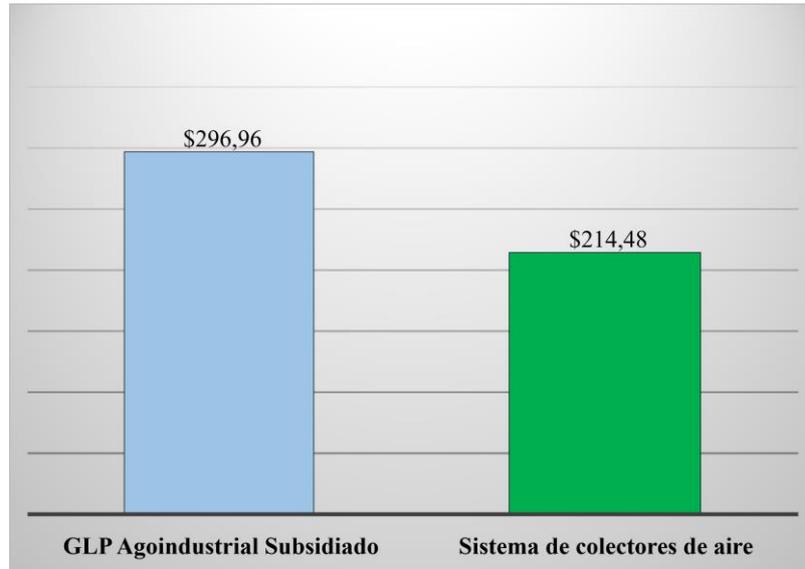
<b>Consumo de energía de colector solar de aire.</b>	<b>Combustible consumido</b>	<b>Costo (USD/Kg)</b>	<b>Horas de secado</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
933126 KWh	$\frac{933126 KWh}{13385 \frac{KWh}{kg} \times 0,85}$ <p>= 82 Kg</p>	0.188384	5,34	82,48

*Fuente: Investigación de campo*

*Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)*

**Nota:** El ahorro obtenido es por un lote de producción, este puede variar según las condiciones climáticas presentadas durante el día.

**Figura 49.** Comparación de costos.



**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

Como se observa en el grafico la ayuda que genera el sistema de colectores de aire es significativo ya que de \$ 296, 69 dólares en costo por combustible fósil, disminuye a \$ 214, 48 dólares, es decir que genera un ahorro del 25% por cada lote de producción de maíz secada

#### 4.4 Discusión.

- De acuerdo con las definiciones inscritas los autores coinciden con el autor [32] el cual expresa que un proceso ha de verse, como la secuencia de pasos diseñados, con el fin de producir un producto o servicio de valor para alguien externo al proceso. Para realizar el diagnóstico del proceso de secado de maíz mediante diagrama flujo, diagrama de procesos, cursograma y diagrama de recorrido, identificando así las etapas de proceso, los autores tomaron como referencia a [34] quien resalta que el flujo de un proceso determina el coste de su tratamiento, la cantidad empleada en el proceso, el espacio que dicho proceso ocupa y la duración del tiempo total de producción. Por último, para analizar más a detalle el proceso los autores se rigieron en los sustentos teóricos de [15] que destaca que el software FlexSim permite modelar y entender con precisión los problemas básicos de un sistema, puesto que este software permitió conocer la funcionalidad del proceso de secado mediante la simulación de este.
- Para cumplir con el segundo resultado del proyecto de investigación los autores del presente documento se identifican plena y únicamente con la definición planteado por el autor [28] respecto al Análisis Costo – Beneficio ya que como menciona es una herramienta analítica que pone en balanza los costos y beneficios de un proceso, es decir, examinar las ganancias que recibe la entidad encargada de ejecutar el proceso, es así como haciendo uso de este concepto se realizó un Análisis Costo – Beneficio realizando una multiplicación de la demanda de combustible de la secadora vertical TC-80, el costo del kg de GLP Agroindustrial y las horas de secado en función del porcentaje de humedad con que llega el grano y la humedad a la que se desea llegar, se obtuvo el costo de secar un lote de producción.
- Los autores partieron con la comprensión del concepto de energía renovable tomando como referencia el criterio del autor [40] quien define que la energía renovable es un recurso esencial para mejorar la vida de nuestros pueblos, y que el acceso a la energía es de primordial importancia para el crecimiento económico. Para realizar un análisis económico de una alternativa en el proceso de secado se tomó en cuenta el criterio del autor [42] que manifiesta que, la energía solar térmica es una energía renovable

con capacidad de almacenamiento, capaz de aportar electricidad incluso en horas sin luz solar, es por esto por lo que se realizaron los cálculos del beneficio económico de un sistema de colectores solares para el proceso.

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

- Mediante la información proporcionada por las diferentes comercializadoras del cantón Quevedo, se identificó que el método de secado más común entre las diferentes comercializadoras de maíz es por medio de secadoras de flujo continuo mismas que usan como combustible el GLP agroindustrial, se analizaron las etapas del proceso, los tiempos y recorridos en planta con el uso de diversas herramientas de estudio como: diagrama de flujo de procesos, diagrama de operaciones, cursograma de operaciones, diagrama de recorrido e imágenes del proceso que facilitaron el estudio del proceso de secado de maíz.
- Teniendo los datos del consumo de energía del tipo de secadora usada en las diferentes comercializadora se realizaron cálculos para conocer el costo del proceso de secado de maíz usando GLP Agroindustrial, esta operación dió como resultado que para secar un lote de producción de 80 Tn se necesita \$296,69 que es un costo relativamente manejable; sin embargo de trabajar con combustible sin subsidio, a precio liberado, el costo del secado con GLP Industrial asciende a \$1440,89, lo cual representa un impacto de 385,65% frente a las condiciones actuales.
- Se determinó que el uso de un sistema de colectores solares aportaría significativamente a la competitividad de la empresa puesto que el costo se reduce a \$214,48, lo cual implica mayor rentabilidad para la empresa ya que el proceso tendría un menor costo, esto haría que las comercializadoras del Cantón Quevedo puedan ofrecer un producto a menor precio.

## 5.2 Recomendaciones

- Es importante el diagnóstico de los procesos de producción puesto que nos muestran a detalle cómo funciona un proceso, identificando operaciones, transportes, control, mantenimiento y tiempos, a fin de realizar controles de las operaciones de las empresas.
- Haciendo uso del diagnóstico e identificación de un proceso se puede conocer también el coste de este, y con uso de herramientas para la mejora de procesos sería posible administrar los recursos de forma óptima para que las empresas alcancen una mayor utilidad.
- El aprovechamiento de energías renovables, como la energía solar térmica permite el reemplazo del uso de combustibles fósiles, para reemplazar el uso de estos por energía renovables en las empresas, es necesario conocer el entorno donde se desea aplicar energías renovables, puesto que sin un estudio podría generar pérdidas a la empresa.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

- [1 G. M. C. Cepeda, «Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades,»  
] *XXII Reunión Latinoamericana del Maíz*, 2019.
- [2 Farmagro, «LA IMPORTANCIA DEL MAÍZ EN EL ECUADOR,» 20 04 2018. [En  
] línea]. Available: <https://farmagro.com.ec/new/la-importancia-del-maiz-en-el-ecuador/#:~:text=El%20ma%C3%ADz%20es%20uno%20de,de%20identidad%20para%20nuestros%20ancestros..>
- [3 R. Bartosik, Secado y calidad de maíz, Balcarce: SEDICI, 2013.  
]
- [4 S. R. Cebrián y B. R. González, «Las fases del proceso evaluativo. Los análisis  
] sanitarios y financieros. Los estudios de eficiencia,» UNED Y ESCUELA NACIONAL DE SANDAD, 2012.
- [5 J. G. Hoyos, «Evaluación económica, financiera y social ¿Cuáles son sus diferencias?,»  
] *Equilibrio Económico*, pp. 77-82, 2008.
- [6 J. Josse, «EXPECTATIVAS de la COSECHA de MAÍZ 2019,» *EL PRODUCTOR*,  
] 2019.
- [7 R. Acosta, «EL CULTIVO DEL MAÍZ, SU ORIGEN Y CLASIFICACIÓN. EL MAIZ  
] EN CUBA,» *Cultivos Tropicales*, vol. 30, nº 2, pp. 113-120, 2009.
- [8 T. Á. K. Yamakake, C. M. Sánchez, L. M. M. Ovando, J. A. S. Hernández y R. A. B.  
] Boettler, Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica., México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad., 2009.
- [9 L. Márquez y Ó. Pozzolo, «El almacenamiento y conservación de los granos,» 2012.  
]
- [1 R. R. Valdivia Lorente, «SECAMIENTO DE GRANOS Y/O SEMILLAS DE MAÍZ,»  
0] *Agricultura para Necesidades Básicas*, 2011.
- [1 L. Mertens, «LA MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD COMO REFERENTE DE  
1] LA FORMACION-CAPACITACION ARTICULADA CON EL APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL: Una propuesta metodológica,» *Organizacion Internacional del Trabajo*, p. 24, 1999.

- [1 T. Fontalvo Herrera, E. De La Hoz Granadillo y J. Morelos Gómez, «LA  
2] PRODUCTIVIDAD Y SUS FACTORES: INCIDENCIA EN EL MEJORAMIENTO  
ORGANIZACIONAL,» *SciELO*, vol. 16, n° 1, 2018.
- [1 J. C. Rodríguez y R. Bartosik, «SECADO DE GRANOS,» *Instituto Nacional de  
3] Tecnología Agropecuaria*, pp. 1 - 4, 2016.
- [1 I. 2015, «Norma ISO 9000:2015: Sistemas de gestión de la calidad: Fundamentos y  
4] vocabulario.,» Quinta edición, 2015.
- [1 M. A. Díaz Martínez, R. Zárate Cruz, R. Salinas y R. Verónica, «Simulación Flexsim,  
5] una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de  
un sistema de múltiples estaciones de prueba,» *Redalyc.org*, vol. 22, n° 2, pp. 97-104,  
2018.
- [1 G. M. Cordero Mariño, *Modelo de gestión para la comercialización de gas licuado de  
6] petróleo -GLP-, diseñado para la Dirección de Control Técnico de Combustibles de la  
Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero*, Loja, 2015.
- [1 G. M. Cordero Mariño, «Modelo de gestión para la comercialización de gas licuado de  
7] petróleo -GLP-, diseñado para la Dirección de Control Técnico de Combustibles de la  
Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero,» Loja, 2015.
- [1 C. Spiegel y J. I. Cifuentes, «DEFINICION E INFORMACION DE ENERGIAS  
8] RENOVABLES,» *Repositorio del Sistema Bibliotecario Universidad de San Carlos de  
Guatemala*, vol. 1, n° 1, p. 7, 2016.
- [1 C. Yáñez, J. Velasquez, D. Peñaherrera, J. L. Zambrano, M. Caicedo, J. Hereida, C.  
9] Sangoquiza y A. Quimbita, «GUÍA DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE ALTURA: Guía  
N° 96,» INIAP; MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA.,  
ECUADOR, 2008.
- [2 L. Bravo, «El maíz en El Ecuador,» *SEMILLAS*, n° 22/23, pp. 33-36, 2004.  
0]
- [2 C. A. d. Dios, *Secado de granos y secadoras*, Santiago de Chile: Organización de las  
1] Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Red de información  
sobre operaciones en poscosecha (INPhO), 1996.
- [2 Osteba, «Evaluación Económica,» Servicio Vasco de Evaluación de Tecnologías  
2] Sanitarias Departamento de Sanidad y Consumo – Gobierno Vasco, Vasco, 2015.

- [2 M. A. Perera, Guía práctica 6 EVALUACIÓN ECONÓMICA, Catalunya: Cevagraf, 3] s.c.c.l., 2009.
- [2 M. P. C. Jaramillo y H. M. V. Orbe, COSTOS Modalidad Órdenes de Producción, 4] Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2017.
- [2 J. O. Pereira, Contabilidad de Costos, UTM, 2015. 5]
- [2 I. Mendoza, Descubre cuál es el costo real de las cosas, UTEL, 2013. 6]
- [2 V. R. Ardón y D. Bitrán, ASPECTOS DE COSTO - EFECTIVIDAD, México: © 7] Organización Panamericana de la Salud, 1997.
- [2 H. García, A. Corredor, L. Calderón y M. Gómez, «Análisis costo beneficio de energías 8] renovables no convencionales en Colombia,» *FEDESARROLLO*, p. 90, 2013.
- [2 J. L. P. PRADES, MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE 9] NUEVAS PRESTACIONES, Barcelona: Universidad de Murcia , 2014.
- [3 R. CASTRO RODRÍGUEZ, «ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO,» *Universidad de los 0] Andes - Facultad de Economía*, p. 10, 2021.
- [3 V. ZÁRATE, Evaluaciones económicas en salud: Conceptos básicos y clasificación, 1] Chile: Centre for Health Economics, The University of York, York, YO10 5DD, United Kingdom, 2010.
- [3 A. González González, L. Leal Rodríguez, D. Martínez Caballero y D. Morales Fonte, 2] «Herramientas para la gestión por procesos,» *redalyc.org*, vol. XV, nº 28, p. 12, 2019.
- [3 A. Herrera, «Diagramas de Flujo,» Person Education, Mexico D.F., 2019. 3]
- [3 L. Cuatrecasas, INGENIERÍA DE PROCESOS Y DE PLANTA, Barcelona: PROFIT, 4] 2017.
- [3 O. Cairó, Metodología de la programación, México D.F.: Alfaomega, 2010. 5]
- [3 A. Patterson, «BIRT LH,» UNIVERSIDAE Intituto Superior FP - EUSKADI, [En 6] línea]. Available:  
[https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/PP/PP05/es\\_PPFM\\_PP05\\_Contenidos/website\\_21\\_diagramas\\_de\\_proceso\\_en\\_general.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/PP/PP05/es_PPFM_PP05_Contenidos/website_21_diagramas_de_proceso_en_general.html). [Último acceso: 10 septiembre 2022].

- [3 FlexSim Software Products, Inc., «FlexSim Problem Solved,» 1993 - 2022. [En línea].  
7] Available: <https://docs.flexsim.com/en/23.0/Introduction/Welcome/Welcome.html>.  
[Último acceso: 19 septiembre 2022].
- [3 FlexSim Software Products, Inc., «FlexSim Problem Solved,» 1993-2022. [En línea].  
8] Available:  
<https://docs.flexsim.com/en/23.0/Using3DObjects/Overview3DObjects/Overview3DObjects.html>. [Último acceso: 19 septiembre 2022].
- [3 Y. A. Cengel, TRANFERENCIA DE CALOR Y MASA, México: McGRAW-  
9] HILL/INTERAMERICANA EDITORES, 2012.
- [4 Q. C. d. l. Américas, «"Declaración de Compromiso de Puerto España. "Asegurar el  
0] futuro de nuestros ciudadanos promoviendo la prosperidad humana, la seguridad  
energética y la sostenibilidad ambiental"». Puerto España, Trinidad y Tobago 19 abril  
2009.
- [4 I. I. d. C. p. l. A. (IICA), «Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales».  
1] San José, Costa Rica 28 julio 2014.
- [4 D. Bravo Hidalgo, «Una Revisión sobre Materiales para Almacenamiento de Energía  
2] Solar Térmica,» *SciELO*, vol. 23, n° 2, 2018.
- [4 R. J. Andrés y P. J. A. Omar, Métodos científicos de indagación y de construcción del  
3] conocimiento Revista Escuela de Administración de Negocios, Bogotá: Revista Escuela  
de Administración de Negocios, 2017.
- [4 G. D. Newman, El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo  
4] en ciencias experimentales y social., Caracas: Laurus, 2006.
- [4 A. R. Jiménez y A. O. P. Jacinto, Métodos científicos de indagación y de construcción  
5] del conocimiento, Revista EAN, 2017.
- [4 M. A. y J. R. Gabriel Agudelo, «DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL  
6] Y NO-EXPERIMENTAL,» CEO, Antioquia.
- [4 E. M. Manrique y V. J. Vera, Cereales (Técnicas de análisis), Cuautitlán Izcalli:  
7] UNAM–DGAPA–PAPIME, 2016.
- [4 I. E. D. NORMALIZACIÓN, GRANOS Y CEREALES. MAIZ EN GRANO.  
8] REQUISITOS., Quito: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE .

- [4 M.-T. AG, Guía de básculas para camiones, Suiza: METTLER TOLEDO, 2013.  
9]
- [5 I. E. D. NORMALIZACIÓN, CEREALES Y LEGUMINOSAS. MAÍZ EN GRANO.  
0] REQUISITOS, QUITO: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN.
- [5 B. A. y. R. Bartosik, Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos, Argentina:  
1] INTA. CABA , 2013.
- [5 MeproSA, «LA IMPORTANCIA DEL SILO Y SUS BENEFICIOS,» Blog, 7 Febrero  
2] 2018. [En línea]. Available: <https://meproSA.mx/la-importancia-del-silo-beneficios/>.  
[Último acceso: 23 Septiembre 2022].
- [5 G. SOLAR, JUMBO SOLAR - GLK, ESPAÑA: GRAMMER.  
3]
- [5 M. Miranda, Gestión de proyectos (Quinta ed.), Bogotá: MM Editores, 2000.  
4]
- [5 A. G. Martínez y R. A. d. l. C. y. J. M. P. Muñoz, LIBRO VIRTUAL DE ECONOMÍA  
5] Y GESTIÓN, vol. 4, Córdoba: GRUPO UCO-6., 2007.
- [5 M. R. Mete, VALOR ACTUAL NETO Y TASA DE RETORNO: SU UTILIDAD  
6] COMO HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE  
PROYECTOS DE INVERSIÓN, Bolivia: Universidad La Salle, 2014.
- [5 R. J. C. Salinas, «Criterios para la toma de decisión de Inversiones,» *Revista Electrónica  
7] de Investigación en Ciencias Económicas*, pp. 102-117, 2015.
- [5 F. A. Á. Sánchez, TÉCNICAS PARA EVALUAR FINANCIERAMENTE  
8] PROYECTOS DE INVERSIÓN, Cali: Universidad Icesi, 2017.
- [5 AGRIMAQ, «AGRIMAQ®,» AGRIMAQ I. y C. S.R.L., [En línea]. Available:  
9] <https://agrimaq.com.ar/productos/secadora-de-flujo-continuo/>. [Último acceso: 11  
Agosto 2022].
- [6 C. A. d. Dios, Secado de granos y secado, Santiago de Chile: Organización de las  
0] Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Red de información  
sobre operaciones en poscosecha (INPhO), 1996.
- [6 M. E. Ramírez Guzmán y Q. López Tirado, «Determinación de metodologías de  
1] muestreo y tamaños de muestra en embarques de importación para realizar análisis de  
laboratorio para granos,» Montecillos, 2007.

[6 PEGASUS SCIENCE, «Muestreo para análisis,» PEGASUS SCIENCE LTDA, 2020.  
2]

**CAPITULO VII**  
**ANEXOS**

### 5.3 Visitas a Casa comercial Briones.

*Figura 50.* Reunión con Ingeniero de Casa Comercial Briones.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

### 5.4 Visita a Planta AGRIGRAIN Agripac

*Figura 51.* Reunión con Ingenieros de la Planta AGRIGRAIN Agripac.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

**Figura 52.** Capacitación con el personal de procesos.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

## 5.5 Visita a casa comercial “La Granja”

**Figura 53.** Reunión con Ingeniero de Casa Comercial “La Granja”.



*Fuente:* Investigación de campo

*Elaborado por:* Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)



**Figura 56.** Secadora de flujo continuo “Matthews” planta AGRIGAIN Agripac.



**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

**Figura 57.** Secadora de flujo continuo MEGA TC – 80 de Casa Comercial Briones.



**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

Figura 58. Placa del Quemador de la Secadora de flujo continuo MEGA TC – 80 de Casa Comercial Briones.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)

## 5.8 Almacenamiento de GLP

Figura 59. Tanques de almacenamiento de GLP agroindustrial.



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cuenca Arick, Murillo Melany (2022)