

# DISEÑO DE UN SISTEMA MODULAR PARA LA SELECCIÓN Y SECADO DE GRANOS DE CACAO

Tesista: Abigail Atencio Echía

Profesores del curso: Diego Eduardo Quiroz Velásquez y Elizabeth Roxana Villota Cerna

Asesor: Héctor Hugo Oscanoa Fernández

Curso: 1MTR01 - TRABAJO DE FIN DE CARRERA 1

# INTRODUCCIÓN

En el período 2009-2015, el sector productivo de cacao presentó un crecimiento promedio por año de 15.6 % , lo cual representó una tendencia favorable para los productores agrícolas. Actualmente, el Perú es el segundo productor y exportador de cacao orgánico en el mundo (APPCACAO, 2019).

	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020*	2020/2021**
Total Mundo	4 252	3 994	4 768	4 648	4 697	4 726	4 843
1 Costa de Marfil	1 796	1 581	2 020	1 964	2 154	2 105	2 150
2 Ghana	740	778	970	905	812	800	850
3 Ecuador	261	232	290	287	322	328	340
4 Camerún	232	211	246	250	280	280	280
5 Nigeria	195	200	245	250	270	250	270
6 Indonesia	325	320	270	240	220	200	200
7 Brasil	230	141	174	204	176	201	180
8 Perú	92	105	115	134	136	153	150
9 República Dominicana	82	80	57	85	75	75	75
10 Colombia	51	53	55	55	59	64	65
Subtotal	4 004	3 700	4 441	4 373	4 504	4 456	4 560
Otros	248	294	327	275	193	270	283

Tabla 1.Producción de cacao por principales países del mundo (MIDAGRI, 2020)

# INTRODUCCIÓN

## Planteamiento del problema

En la etapa de postcosecha se encuentra el proceso de tratamiento que consiste en la fermentación, secado, limpieza de los granos, traslado, procesamiento, empaquetado y etiquetado en la planta, como se puede observar en la Tabla 2, esta se desarrolla en un tiempo mayor a 8 veces que el resto de los procesos desde la cosecha hasta la logística de exportación.

Tipo	Concepto	Descripción	Tiempo (h)	Tiempo (días)
Transporte	Transporte - Fase I	Traslado a centro de acopio	2.4	0.1
	Transporte - Fase II	Traslado a planta (o local del exportador)	11.5	0.5
	Transporte - Fase III	Traslado de planta al depósito temporal	2.1	0.1
Tratamiento	Poscosecha	Preparación del producto, ensacado y limpieza	131.0	5.5
	Acopio	Tratamiento para la venta, almacenaje	225.3	9.4
	Procesamiento de planta	Procesamiento, tratamiento, empaquetado y etiquetado en planta	70.0	2.9
Carga y descarga	Colocación del producto en vehículos para transportarlo y descargarlo en el siguiente punto de la cadena	Chacra a centro de acopio	4.4	0.2
		Centro de acopio a planta	19.9	0.8
		Planta a terminal	8.0	0.3
Administración y trámites	Demora de la preparación de documentos necesarios para la exportación	DAM y visto bueno del conocimiento de embarque	24.0	1.0
		Certificado de origen	72.0	3.0
		Certificado fitosanitario	48.0	2.0
		Certificado orgánico	720.0	30.0
En puerto	Logística de exportación	Logística en el terminal de almacenamiento/ depósito temporal, inspección aduanera, traslado al puerto y embarque	85.0	3.5
Total	Desde la cosecha hasta el embarque del contenedor en la nave		703.6	29.3

Tabla 2. Tiempos logísticos por proceso en la provincia de Satipo (MINCETUR, 2018)

# INTRODUCCIÓN

## Planteamiento del problema

04

### Etapa de fermentación

En la cosecha se obtienen diferentes variedades de cacao que durante el proceso de fermentación algunos granos cacao están sobre fermentados y otros no llegan a esa fase, generando sabores distintos a los deseados según los estándares de calidad (SINEACE, 2017).



### Etapa de secado

Después de la fermentación se desea reducir el porcentaje de humedad, para lo cual se secan los granos en cajas de madera o tarimas por un proceso natural, en el cual es difícil saber si se han reducido los niveles de humedad a un porcentaje adecuado (Yaranga, 2021).



# INTRODUCCIÓN

05

## Objetivo general:

Diseñar un sistema modular para la selección y secado de granos de cacao en los diversos tipos de la variedad trinitaria- criolla desarrollando uniformidad de acuerdo con los estándares de exportación en función al tamaño, color y aroma.

## Objetivos específicos:



Analizar e identificar el sector afectado por la problemática que se presenta en el tratamiento del cacao, así como las consecuencias que se generan detrás de ella.



Definir las características del sistema de selección y secado mediante búsqueda de información o investigaciones bibliográficas.  
Identificar los requerimientos de acuerdo con los estándares de la norma ISO 34101 y la Norma Técnica Peruana ISO 2291 – 2859.



Desarrollar un diseño conceptual basado en la metodología VDI 2221 considerando el análisis técnico y económico de tres soluciones.





# ANTECEDENTES

06

## ESTADO DEL ARTE Modelos comerciales

### A) Subsistema de selección



Es una máquina que separa granos en función del color, la señal CDD está activa mientras los elementos están cayendo, si se comprueba que hay elementos no calificados según lo que se programó, el eyector hará volar los productos defectuosos de la tolva (Anhui Wenyao, s.f.).

### B) Subsistema de secado



Es una máquina automática que actúa como un horno de secado, usa aire para transferir calor y eliminar la humedad a medida que los granos de cacao se mueven a través de una plataforma transportadora, además se le añade un dispositivo giratorio. (Guangdong IKE Industrial, s.f.).

# DISEÑO CONCEPTUAL

07

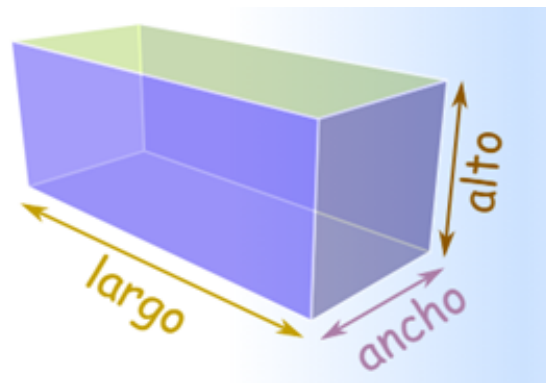
## Requerimientos técnicos del sistema:

**Función principal:** El sistema debe ser capaz de seleccionar granos de cacao (precisión > 90%) y secar granos de cacao (6 – 8 % de humedad).



### Geometría:

- Selección: 2.3m de largo, 1.6m de ancho y 2m de altura
- Secado: 2.5m de largo, 2.5m de ancho y 1.4 m de altura



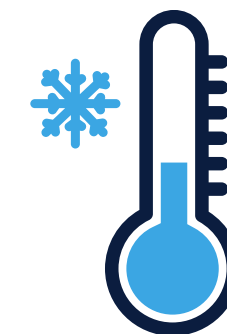
### Cinemática y fuerzas:

- El subsistema de secado debe tener una velocidad del movimiento rotacional de 0.42rad/s como mínimo y la presión de aire debe estar en el rango de 0.4-0.6 MPa.



### Condiciones de operación:

- En la selección, se debe realizar en base a los 3 colores (amarillo, morado, anaranjado rojizo).
- En el secado, el sistema debe trabajar en el siguiente rango de temperatura (15 – 80) °C .





# DISEÑO CONCEPTUAL Estructura de funciones

08

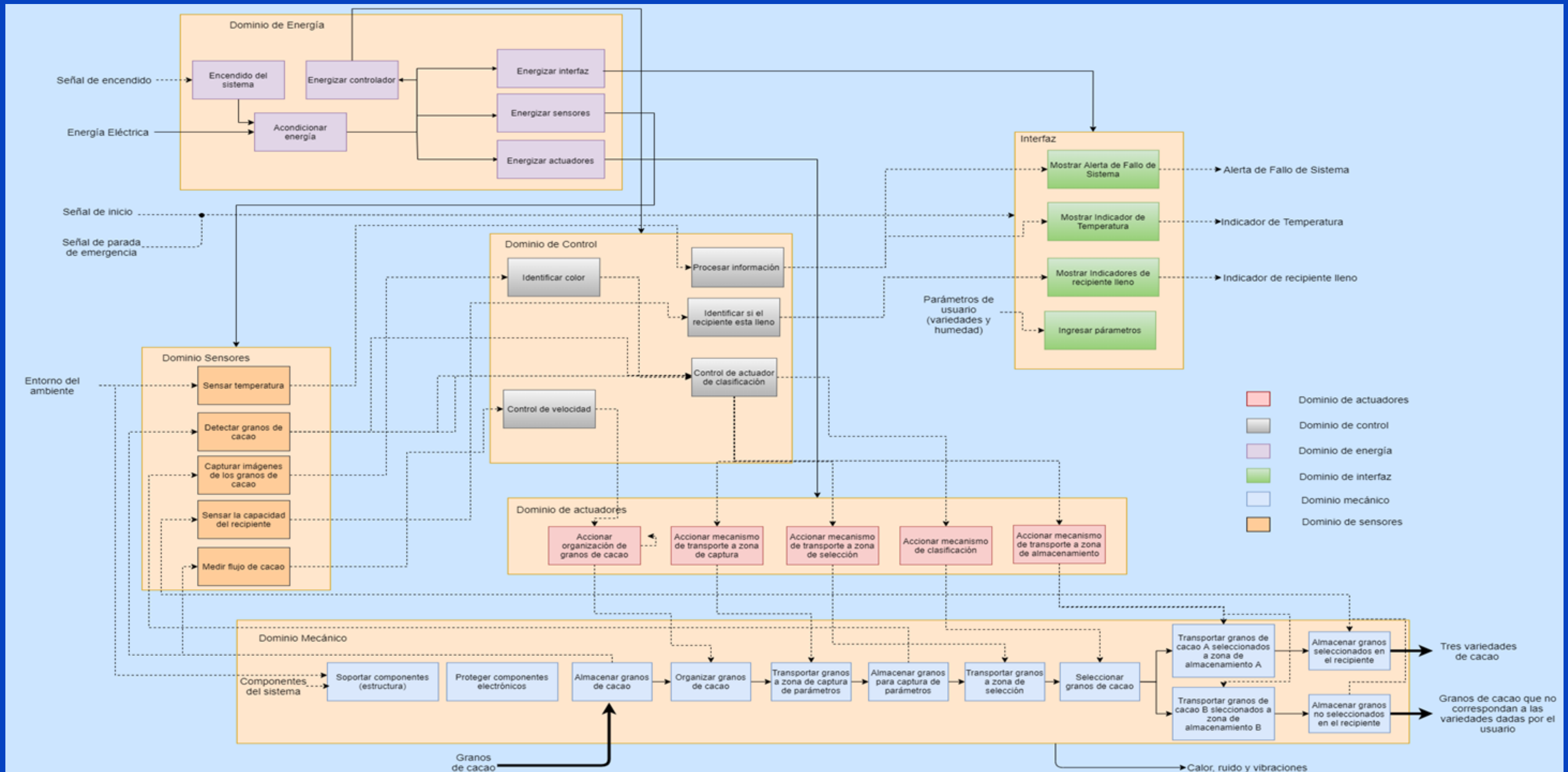


Figura 1. Diagrama de funciones para la selección de granos de cacao



# DISEÑO CONCEPTUAL

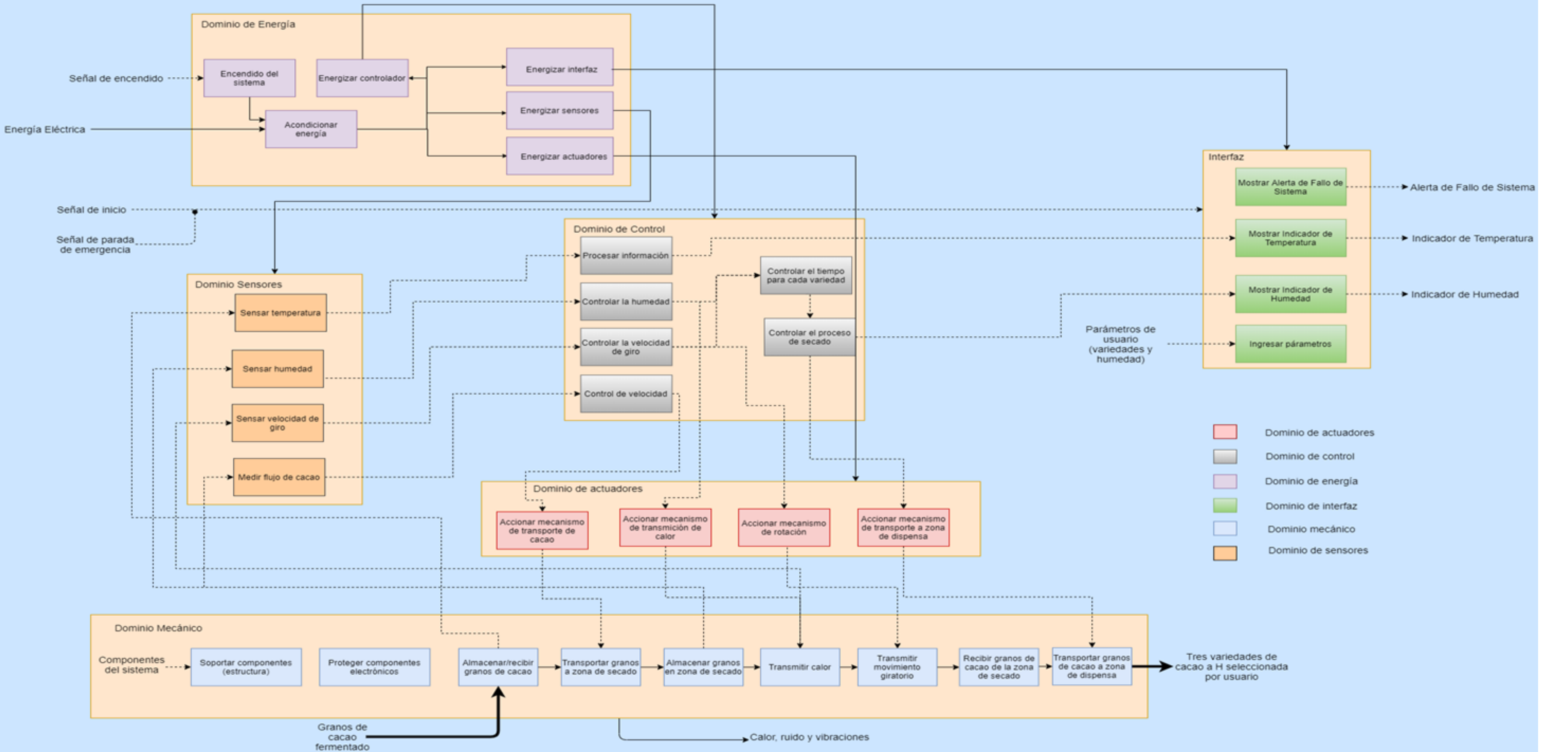


Figura 2. Diagrama de funciones para el secado de granos de cacao

# DISEÑO CONCEPTUAL

## Conceptos de solución

10

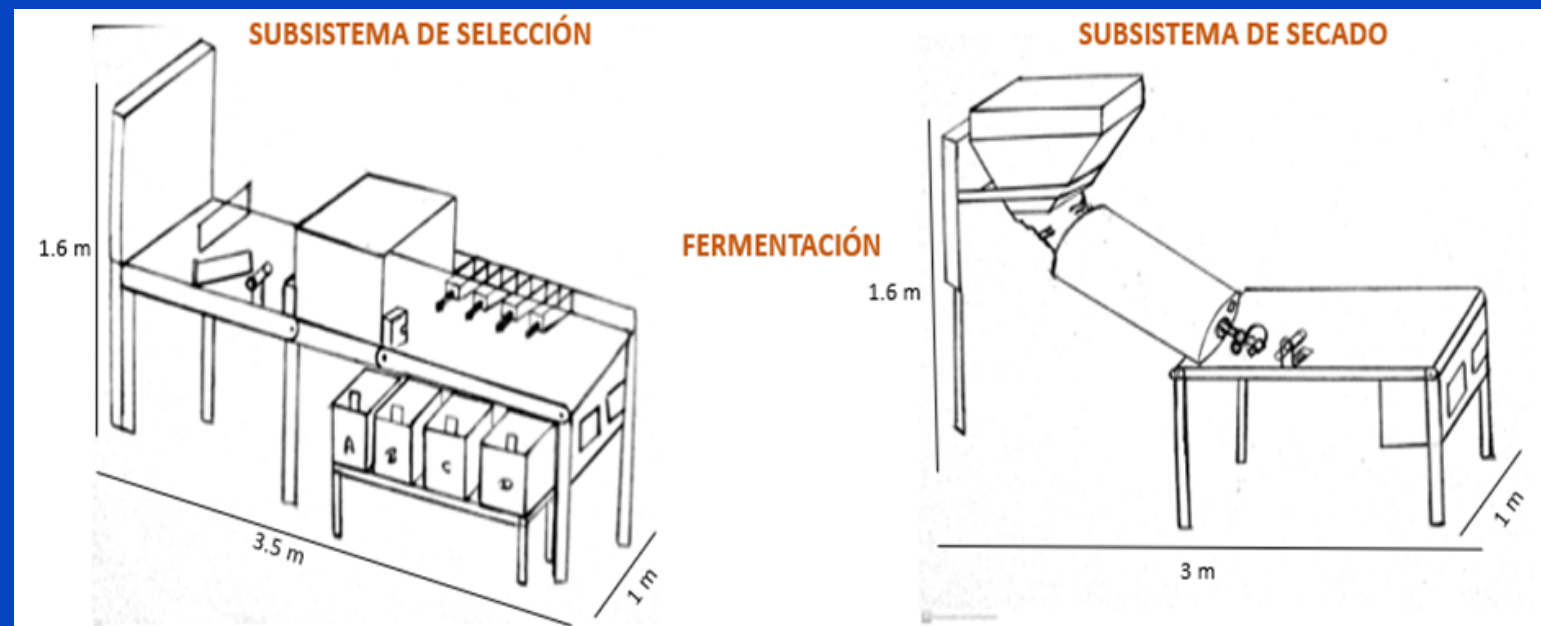


Figura 3. Primer concepto de solución

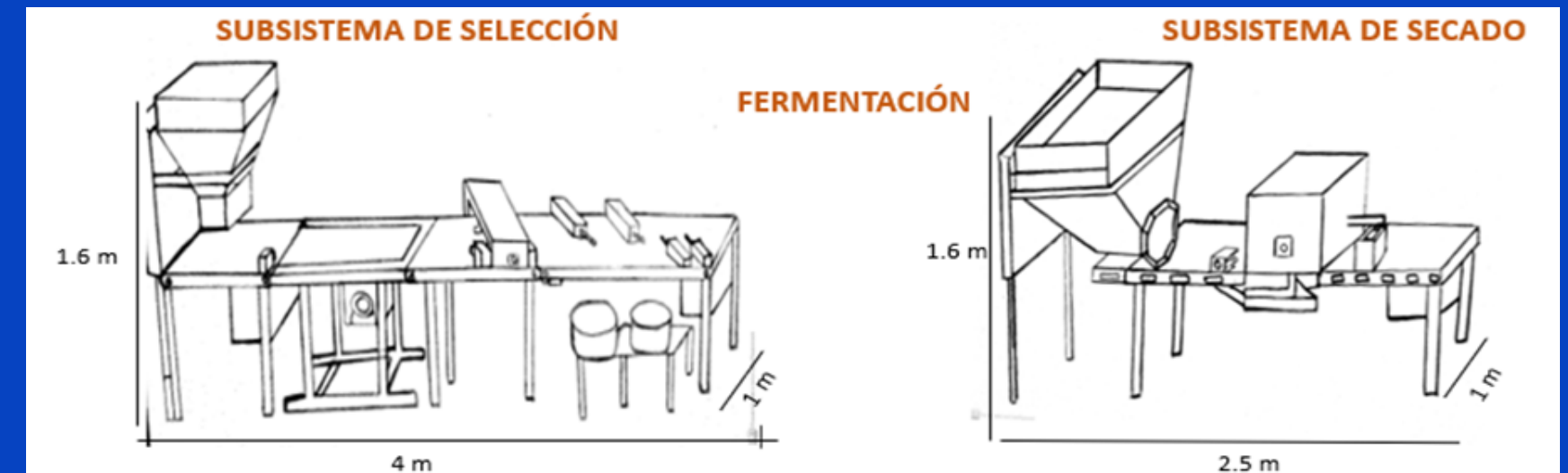


Figura 4. Segundo concepto de solución

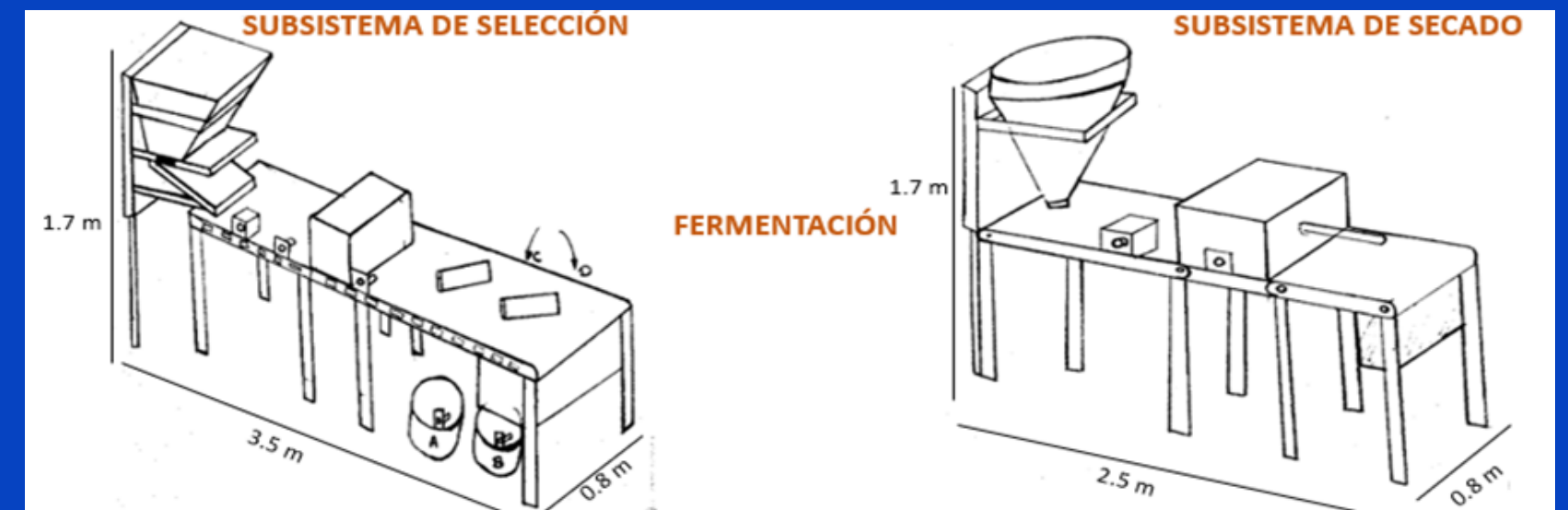


Figura 5. Tercer concepto de solución



# DISEÑO CONCEPTUAL

## A) Subsistema de selección

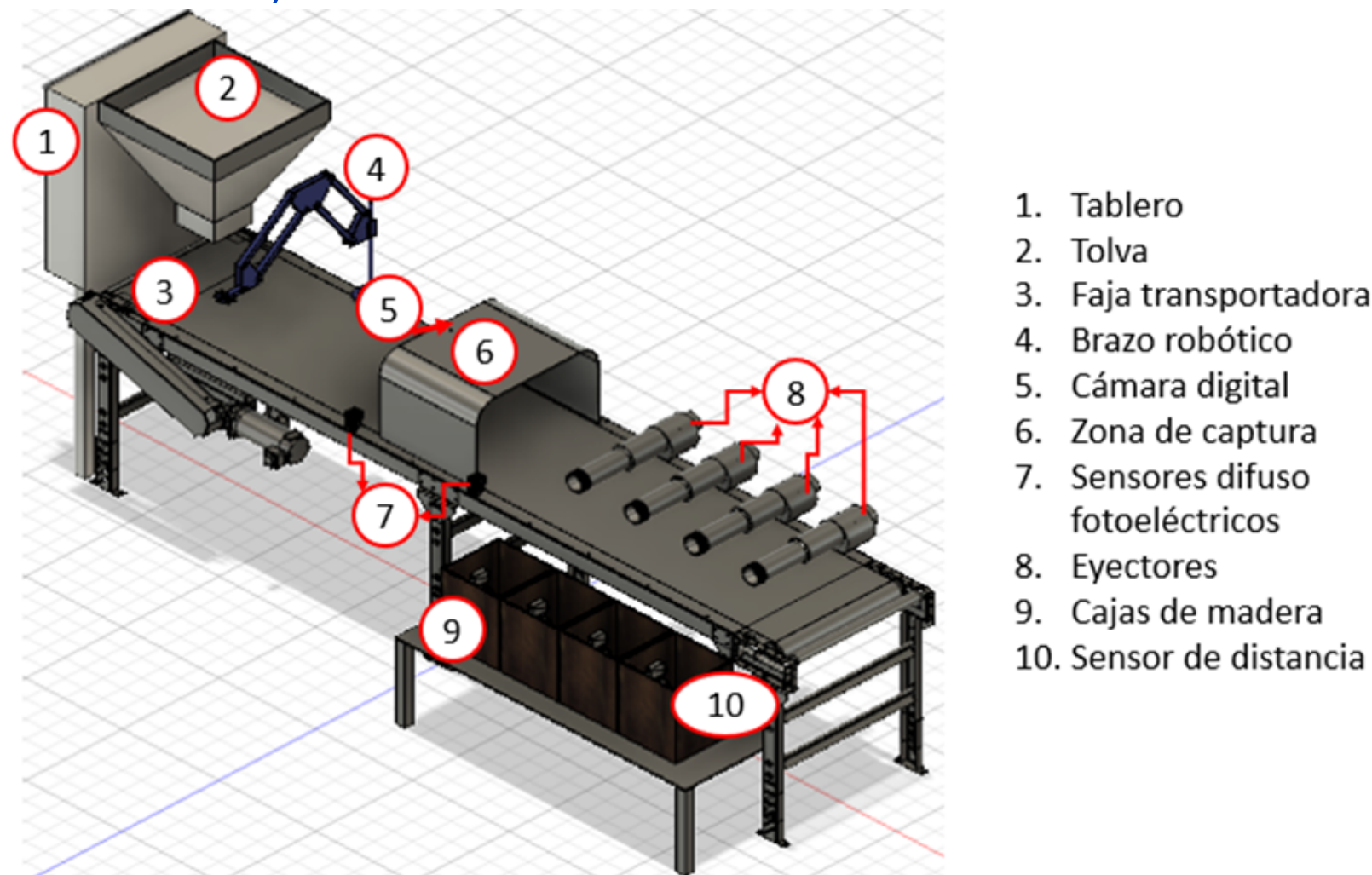


Figura 6. Concepto de solución óptima del subsistema de selección

## B) Subsistema de secado

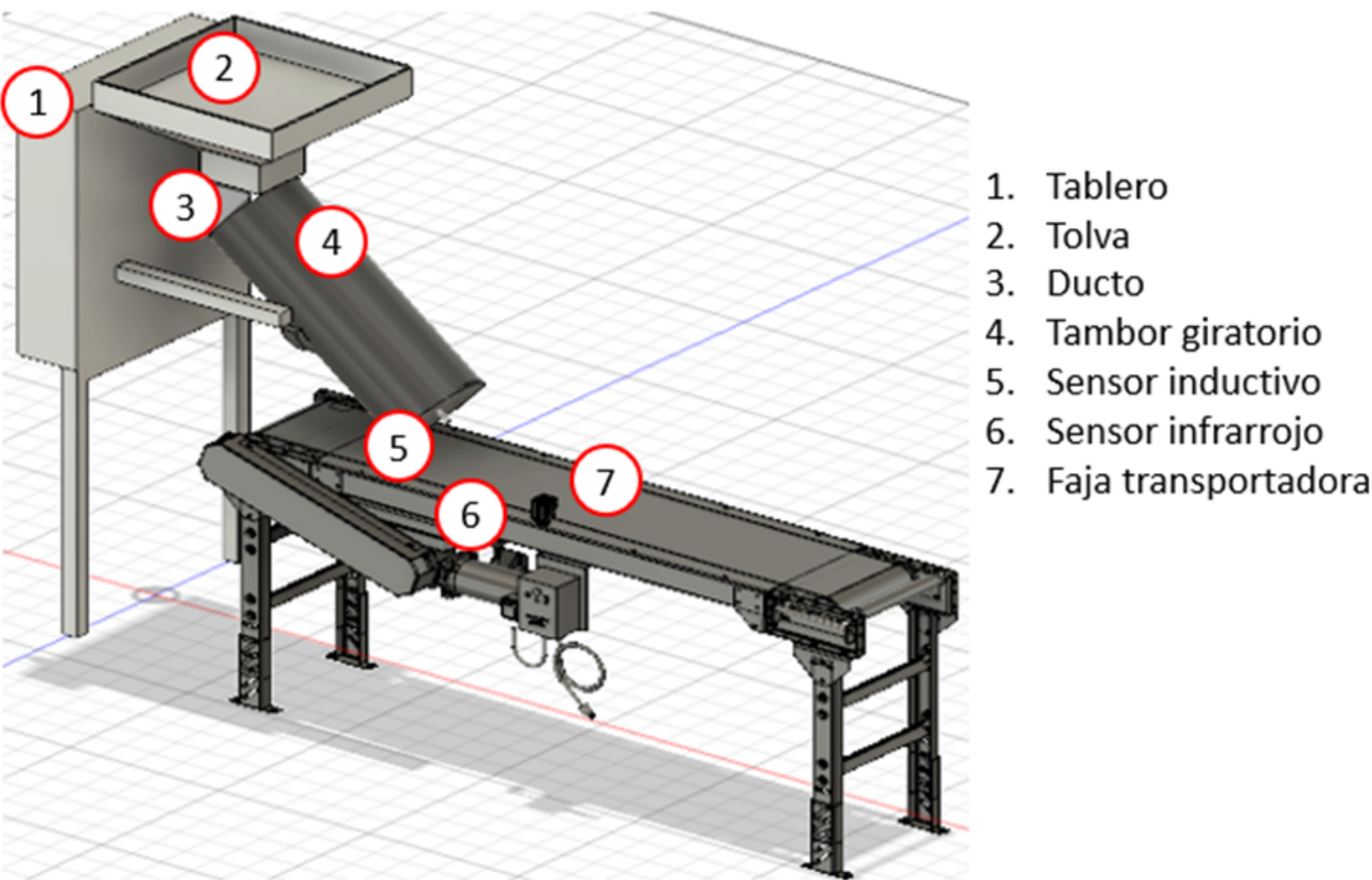


Figura 7. Concepto de solución óptima del subsistema de secado



# CONCLUSIONES

- Se logró investigar y analizar el sector afectado por la problemática.
- Se logró identificar los requisitos de calidad según la Norma Técnica Peruana; así como los rangos de temperatura y humedad en los que los granos deben ser tratados en estos procesos de fermentación y secado.
- Se logró determinar los principales requerimientos del sistema modular: ciclo de trabajo por cada grano de cacao para la selección, dimensiones máximas de los subsistemas, capacidad de las tolvas, capacidad del tambor giratorio, velocidad del tambor giratorio, etc.
- Se logró proponer tres conceptos de solución considerando la metodología VDI 2221, de acuerdo con la evaluación técnica-económica se escogió la que obtuvo mejor puntaje en base a los criterios y en base a ello se realizaron mejoras.

# BIBLIOGRAFÍA

- Anhui Wenyao Intelligent Photoelectric Technology Co., Ltd (s.f.). Development, production, sales and service of intelligent CCD color sorter. Recuperado el 12 de setiembre de 2021, de [https://wenyaosorter.en.alibaba.com/es\\_ES/productgrouplist-806175612/Arroz\\_clasificador\\_de\\_Color.html?spm=a2700.shop\\_index.88.31](https://wenyaosorter.en.alibaba.com/es_ES/productgrouplist-806175612/Arroz_clasificador_de_Color.html?spm=a2700.shop_index.88.31)
- Asociación Peruana de Productores de Cacao (2020). Recuperado el 1 de setiembre de 2021, de <http://appcacao.org/como-comprar/>
- Atencio, Abigail (2021). “Entrevista a Abel Yaranga Cipriano”. 1 de setiembre
- Atencio, Abigail (2021). “Entrevista a Humberto Medina Pajares”. 8 de setiembre
- Guangdong IKE Industrial (s.f.). Commercial & Industrial Food Dehydrator Manufacturer since 1994. Recuperado el 14 de setiembre de 2021, de [https://airsource.en.alibaba.com/company\\_profile.html?spm=a2700.details.90030.1.2ec1c1f7vddssz](https://airsource.en.alibaba.com/company_profile.html?spm=a2700.details.90030.1.2ec1c1f7vddssz)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Lima, julio de 2016). Estudio del Cacao en el Perú y el mundo: Un análisis de la producción y el comercio “Alimento de los dioses”. Elaborado por MINAGRI-DGPA-DEEIA. <https://camcafeperu.com.pe/admin/recursos/publicaciones/Estudio-cacao-Peru-y-Mundo.pdf>



- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2016). Análisis integral de la logística en el Perú: 5 cadenas de exportación Producto Cacao [Archivo PDF] [https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio\\_exterior/facilitacion\\_comercio\\_exterior/P\\_Cacao.pdf](https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/facilitacion_comercio_exterior/P_Cacao.pdf)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2020). Boletín de publicación trimestral Octubre – Diciembre: Observatorio de commodities [Archivo PDF]. Elaborado por Dirección de Estudios Académicos.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1782245/Commodities%20Cacao:%20oct-dic%202021.pdf>
- Perfect Dayli Grind (2018). Cacao Harvesting & Processing: A step by step explanation. Julio Guevara. <https://perfectdailygrind.com/2018/02/step-step-explanation-cacao-harvesting-processing/>
- Perfect Dayli Grind (30 de marzo, 2018). El fruto del chocolate: Viendo de cerca una vaina de cacao. <https://perfectdailygrind.com/es/2018/03/30/el-fruto-del-chocolate-viendo-de-cerca-una-vaina-de-cacao/>