

DISEÑO DE HOMOGENEIZADORA PARA PROCESAR REMANENTES DE  
AGUACATE HASS EN LA ASOCIACIÓN HORFRUBELLA DE PEREIRA

HAROLD STIVEN QUINTERO  
LUIS LEONARDO CRUZ URIBE  
PEDRO URIBE LOAIZA

Universidad Tecnológica de Pereira  
Facultad de Tecnologías  
Ingeniería Mecatrónica  
Pereira  
2015

DISEÑO DE HOMOGENEIZADORA PARA PROCESAR REMANENTES DE  
AGUACATE HASS EN LA ASOCIACIÓN HORFRUBELLA DE PEREIRA

HAROLD STIVEN QUINTERO  
LUIS LEONARDO CRUZ URIBE  
PEDRO URIBE LOAIZA

Proyecto de grado para optar al título de Tecnólogo en Mecatrónica

Director: Hernán Alberto Quintero Vallejo  
Magister En Instrumentación Física

Universidad Tecnológica de Pereira  
Facultad de Tecnología  
Ingeniería Mecatrónica  
Pereira  
2015

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Pereira, 14 de Octubre de 2015

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
1. GLOSARIO.....	11
2. RESUMEN .....	13
3. TÍTULO.....	14
4. OBJETIVOS .....	15
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
5. DISEÑO DE DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN.....	16
6. ESTUDIO DE ELEMENTOS QUE COMPONEN LA MÁQUINA.....	18
6.1. ELEMENTOS MECÁNICOS .....	18
6.1.2. TANQUE.....	18
6.1.3. EJE.....	18
6.1.4. CHUMACERAS .....	18
6.1.5. SELLOS MECÁNICOS.....	19
6.1.6. MATERIALES.....	19
6.1.7. AGITADOR.....	20
6.2. ELEMENTOS ELECTRICOS.....	23
6.2.1. MOTO-REDUCTOR .....	23
7. ANALISIS DE ELEMENTOS AUTOMATIZABLES .....	38
8. INVESTIGACION SOBRE TECNOLOGIAS DE CONTROL.....	39
8.1. MICROCONTROLADORES PIC .....	39
8.2. MICROPROCESADOR .....	41
8.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) .....	43
9. INDICACIONES DE INSTALACION Y OPERACIÓN.....	45
9.1. TABLERO DE CONTROL.....	45
9.2. SANEAMIENTO.....	46
10. PRESUPUESTO DE COSTOS DE FABRICACIÓN DE LA MAQUINA HOMOGENEIZADORA.....	47

10.1.	MATERIALES Y COMPONENTES DE MAQUINA.....	47
10.2.	MANO DE OBRA.....	48
10.3.	COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN .....	49
10.4.	COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN.....	49
11.	CONCLUSIONES .....	50
12.	ANEXOS.....	51
13.	BIBLIOGRAFIA .....	54

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de bloques. ....	17
Ilustración 2. A- Agitador de flujo axial, B- Agitador de flujo radial. ....	20
Ilustración 3. Agitadores de pala. ....	21
Ilustración 4. Agitadores de turbina.....	21
Ilustración 5. Agitador de cinta helicoidal. ....	22
Ilustración 6. Flujo de mezcla.....	22
Ilustración 7. Viscosímetro. ....	24
Ilustración 8. Datos de Viscosidad. ....	25
Ilustración 9. Característica de la potencia frente al número de Reynolds. ....	27
Ilustración 10. Moto-reductor corona sinfín Siemens. ....	30
Ilustración 11. Contactor. ....	30
Ilustración 12. Partes de un contactor y su esquema eléctrico. ....	31
Ilustración 13. Variador de velocidad. ....	32
Ilustración 14. Puente de wheatston.....	33
Ilustración 15. Celda de carga de compresión. ....	34
Ilustración 16. Celda de carga de tensión y compresión. ....	34
Ilustración 17. Celda de carga tipo monoplato. ....	35
Ilustración 18. Caja sumadora. ....	36
Ilustración 19. Interruptor magnético.....	37
Ilustración 20. Microcontrolador. ....	40
Ilustración 21. Placa grabadora de PIC. ....	40
Ilustración 22. Microprocesador. ....	41
Ilustración 23. Estructura de un microprocesador. ....	42
Ilustración 24. Controlador lógico programable (PLC). ....	43
Ilustración 25. PLC y programa. ....	44
Ilustración 26. Tablero de control.....	45
Ilustración 27. Ensamble total. ....	51
Ilustración 28. Listado de piezas del equipo. ....	52
Ilustración 29. Diagrama eléctrico de la máquina. ....	53

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Densidad del Aguacate .....	24
Tabla 2. Grupos de carga de las maquinas accionadas .....	28
Tabla 3. Factores de servicio (sf) .....	28
Tabla 4. Tabla de conductores. ....	33
Tabla 5. Materiales y componentes .....	47
Tabla 6. Mano de obra .....	48
Tabla 7. Costos indirectos de fabricación .....	49

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad económica colombiana, la cual está regida por los tratados de libre comercio (TLC), la única opción para los cultivadores de entrar a competir en el mercado, es tecnificar sus procesos de producción. Los remanentes de la cosecha, “segundas y terceras” pese a no cumplir con los estándares requeridos, son aptos para el consumo humano, teniendo el mismo contenido nutricional que los productos de primera. Por tal motivo los pequeños cultivadores ven como posible alternativa, elaborar productos derivados de sus cosechas, utilizando como materia prima los remanentes de las mismas.

Los cultivos de aguacate se han expandido principalmente por su alto contenido nutricional y su gran cantidad de beneficios, por este motivo se han desarrollado diferentes técnicas de procesamiento, llevándolo así a fortalecerse en el mercado internacional, pues la tendencia europea es la alimentación saludable, abriendo su actividad comercial a nivel mundial tanto para el consumo de la fruta fresca como de sus derivados en la industria alimenticia y en la industria cosmética.

En Latinoamérica, hoy en día, existen grandes extensiones de cultivos de una gran variedad de árboles frutales, siendo estos propiedad de pequeños agricultores, quienes dadas las condiciones del mercado se ven afectados en muchas ocasiones porque sus cosechas no cumplen con los estándares de calidad, los cuales, por lo general se basan en el aspecto físico, mas no en el contenido nutricional que los frutos poseen.

Las normas que establecen los requisitos y los métodos de clasificación según tipo y calidad del aguacate son:

- Productos agrícolas. Aguacate (NTC 1248).  
Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos y los métodos para la clasificación de los aguacates en categorías de calidad. Esta norma se aplica a aguacates de variedades (cultivares) cosechadas a partir de *Persea Americana Mill* para ser suministrados frescos al consumidor; se excluye los aguacates para procesamiento industrial.
- Frutas frescas, Aguacate, variedades mejoradas, especificaciones (NTC 5209)  
Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el aguacate (*Persea Americana Mill*), en las variedades Booth 8, Choquette, Fuerte, Hass, Lorena, Trapp, Trinidad y Santana, destinado para el consumo en fresco o como materia prima para la agroindustria.

La asociación de productores de hortalizas y frutas del corregimiento La Bella “Horfrubella”, jurisdicción del municipio de Pereira, en la actualidad presenta perdidas en los ingresos de la cosecha de aguacate Hass, debido al no



aprovechamiento de los frutos, que por diversos motivos no pueden ser comercializados para el consumo como producto fresco y de óptima calidad.

Evidenciando el problema planteado originalmente, se define como la mejor alternativa iniciar el proceso de montaje de una planta de elaboración de productos derivados del aguacate, desarrollándola por etapas, iniciando con la extracción de la pulpa del aguacate para luego ser convertida en guacamole, proyectando a futuro el montaje de las líneas complementarias para otros derivados del fruto y teniendo en cuenta el alto costo que implica el montaje de una planta que cubra todos los procesos. En cuanto al ámbito local, encontramos facilidad de producir en las huertas de los pequeños cultivadores del sector de la Bella (Pereira), los productos necesarios para crear la fórmula de un guacamole con características que lo diferencien de los otros productos similares encontrados en el mercado regional.

Se busca diseñar una maquina automatizada que permita procesar la carne del fruto (remanentes) transformándola en pulpa, la cual será utilizada como base para la producción de productos como el guacamole, mantequilla, aceite, etc. Convirtiéndola en un producto de alta demanda dándole un gran valor agregado a las cosechas.

## 1. GLOSARIO

- **Aguacate Hass:** Variedad de aguacate (*Persea Americana*) originada a partir de una semilla de raza guatemalteca en un huerto del Sr. Rudolph Hass en la Habra, California en 1926, patentada en 1935 e introducida globalmente en el mercado en 1960; es la variedad más cultivada a nivel mundial. El aguacate Hass es fácil de identificar por su forma ovalada, su piel granulada y rugosa y el color verde oscuro que se torna morado-negro indicando su madurez y que está listo para disfrutar.<sup>1</sup>
- **Aritmético-lógica:** La ALU o unidad aritmética lógica consiste en un circuito digital que permite realizar operaciones aritméticas y lógicas entre dos números.
- **Asepsia:** Conjunto de métodos aplicados para la conservación de la esterilidad.
- **Automatizar:** Aplicar máquinas o procedimientos automáticos en la realización de un proceso.
- **Cóncavo:** Que, siendo curva, tiene su parte más hundida en el centro, respecto de quien la mira.
- **Detrimiento:** Destrucción leve o parcial de algo.
- **Embutición profunda:** Es uno de los procesos más usados en el conformado de chapa metálica. Además de su uso en otros sectores, se aplica en la industria de la automoción para la fabricación de las piezas de la carrocería.
- **Extensómetro:** Aparato utilizado en los ensayos de materiales para medir la deformación longitudinal y el esfuerzo a que se someten determinadas piezas o estructuras.
- **Fluencia:** Es la deformación irre recuperable de la probeta, a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.
- **Flujo laminar:** Se caracteriza porque el movimiento de las partículas del fluido se produce siguiendo trayectorias bastante regulares, separadas y perfectamente definidas dando la impresión de que se tratara de láminas o capas más o menos paralelas entre sí, las cuales se deslizan suavemente unas sobre otras, sin que exista mezcla macroscópica o intercambio transversal entre ellas.
- **Galga extensiométrica:** Es un dispositivo de medida universal que se utiliza para la medición electrónica de diversas magnitudes mecánicas como pueden ser la presión, carga, torque, deformación, posición, etc.

---

<sup>1</sup> COMITÉ DE PALTAS HASS DE CHILE. Palta Hass, [en línea], consultado [30 de agosto de 2015]. Disponible en <http://belfrut.com/palta-hass/#more-10>.

- **Homogénea:** Sustancia o mezcla cuya composición y estructura son uniformes.
- **Inocuidad:** Concepto que se refiere a la existencia y control de peligros asociados a los productos destinados para el consumo humano a través de la ingestión como pueden ser alimentos y medicinas a fin de que no provoquen daños a la salud del consumidor.
- **Pardeamiento:** El pardeamiento enzimático es una reacción de oxidación en la que interviene como substrato el oxígeno molecular, catalizada por un tipo de enzimas que se puede encontrar en prácticamente todos los seres vivos, desde las bacterias al hombre.
- **Pequeños agricultores:** Se definen como “pequeños” por su bajo volumen de producción y no por la extensión de sus tierras o instalaciones.
- **Polifenol oxidasa:** Son enzimas ubicuas en plantas que catalizan la reacción dependiente de oxígeno que transforma o-difenoles en o-quinonas. Estas quinonas son especies muy reactivas capaces de modificar covalentemente un amplio abanico de especies nucleófilas del interior de las células que conduce a la formación de polímeros marrones o negros responsables de importantes pérdidas económicas en el mercado de frutos y vegetales (Mayer y Harel, 1979; Lee y Whitaker, 1995).
- **Pseudoplástico:** Es aquel cuya viscosidad varía con la temperatura y la tensión cortante.
- **Pulpa de fruta:** Es la parte comestible de las frutas, o el producto obtenido de la separación de las partes comestibles carnosas de estas mediante procesos tecnológicos adecuados. Además, es el producto pastoso, no diluido, ni concentrado, ni fermentado, obtenido por la desintegración y tamizado de la fracción comestible de frutas frescas sanas, maduras y limpias.
- **Quinonas:** Es un constituyente común de moléculas biológicamente relevantes (por ejemplo, la Vitamina K1 es Filoquinona).
- **Remanente:** El remanente es algo que sobra. Puede asociarse este concepto a la idea de excedente.
- **Rolado:** El rolado, es un proceso de laminación, el cual consiste en reducir el espesor de un material por medio de fuerzas de compresión que son generadas por rodillos que giran continuamente.
- **Set Point:** También llamado punto de referencia o variable de consigna puede ser establecido manualmente, automáticamente o programado. Su variable se expresa en las mismas unidades que la variable controlada. Puede ser: Nivel; presión, temperatura; desplazamiento; rotación; etc.
- **Untables:** que se pueden untar o esparcir

## 2. RESUMEN

Debido al gran crecimiento de las superficies plantadas en los países productores de aguacate se ha generado un incremento en los volúmenes de fruta de calibres menores, normalmente comercializados a precios muy bajos. Esta tendencia se incrementará en el futuro, por lo que la industrialización se torna como una alternativa importante para comercializar estos volúmenes.

Por tal motivo la producción de derivados del aguacate, dependerá de los remanentes de la cosecha del fruto. Entre las posibilidades de uso se pueden encontrar pulpas básicas para derivados untables, siendo estas la base para la fabricación del guacamole.

La homogeneizadora que se diseñará tomará la pulpa de aguacate libre de todo elemento extraño (cascara, hueso), la procesara para disminuir el tamaño de los trozos y así evitar la rápida separación de los componentes de la pulpa, de esta forma se generará una textura más fina para realizar una mezcla homogénea de todos los ingredientes. La operación de homogeneizado y mezclado se deberá realizar en el menor tiempo posible, debido a que la pulpa sufre alta aireación, causando una oxidación acelerada. Se deberá realizar pruebas a fin de estimar la velocidad y el tiempo de mezclado, estos parámetros dependerán del peso de pulpa a ser procesada.

### **3. TÍTULO**

Diseño de homogeneizadora para procesar remanentes de aguacate Hass en la asociación Horfrubella de Pereira.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una maquina homogeneizadora para procesar el remanente del aguacate Hass de la asociación Horfrubella de Pereira.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar el diagrama de bloques para el proceso de transformación.
- Observar y llevar a cabo un estudio de los elementos a utilizar en la máquina.
- Analizar los componentes de la maquina a ser automatizados.
- Estudiar las posibles tecnologías de control a ser aplicadas en la máquina.
- Identificar el valor de la inversión inicial.
- Evaluar financieramente el proyecto para determinar su viabilidad.

## 5. DISEÑO DE DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

Para definir el diagrama de bloques de la maquina homogeneizadora de pulpa se deberá tener en cuenta las variables que se van a controlar durante el proceso, en este caso serán el peso de la materia prima y el tiempo de operación de la máquina para obtener el producto deseado.

Como primer paso se ingresaran los datos de referencia “Set Point o variable de consigna”, con los cuales se definirán los parámetros de operación de la máquina. Se continuara con el llenado del depósito en el cual se realizara la mezcla, esta etapa del proceso se hará de forma manual; luego del llenado, el operario dará arranque a la máquina, el sistema de control de la misma verificara que el peso ingresado se encuentre dentro del rango de operación.

Si el peso está por debajo de lo indicado, (35 kg) la maquina no iniciara su operación, esta será la forma de garantizar el uso eficiente de la energía, ya que el consumo generado para una cantidad de producto por debajo de la indicada conllevara a sobrecostos de producción. Si el peso está por encima del indicado, (75 kg), el sistema bloqueara el encendido, protegiendo de esta forma el motor reductor de sobre esfuerzos, por lo tanto el operario deberá extraer manualmente la materia prima excedente.

Ya cumplidas las condiciones requeridas para el inicio de operación, el motor arrancara hasta que se cumpla el tiempo de homogeneizado, el cual será definido por el ingeniero de alimentos, luego de realizar pruebas de laboratorio.

La operación finalizara en el momento en el que el temporizador complete el ciclo.

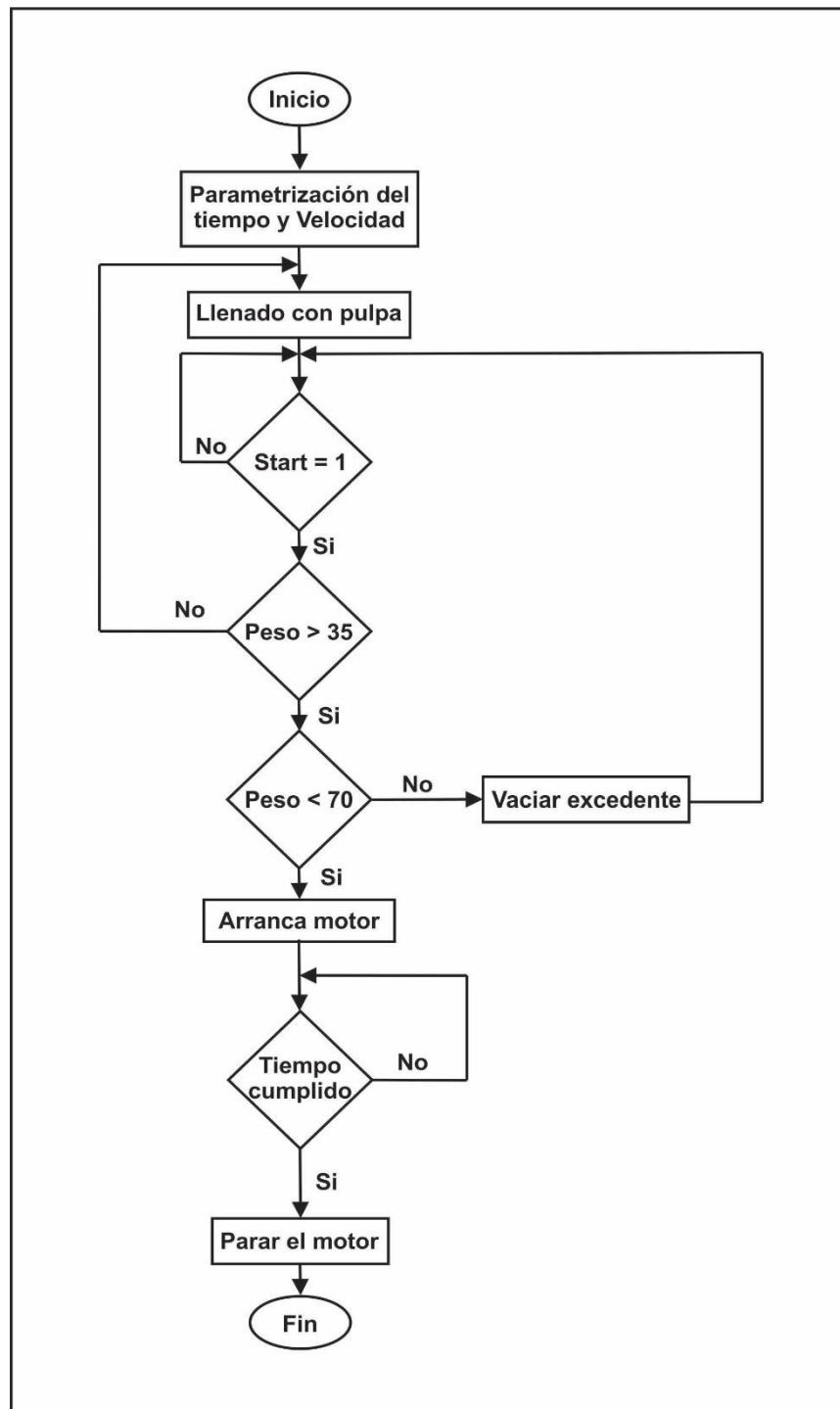


Ilustración 1. Diagrama de bloques.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Fuente: Autores



## **6. ESTUDIO DE ELEMENTOS QUE COMPONEN LA MÁQUINA**

Una homogeneizadora es un equipo que produce una mezcla homogénea con reducción del tamaño de partículas, o sea, más estable, con una textura más suave y sin grumos.

La homogeneizadora de aguacate estará conformada por elementos mecánicos, eléctricos y de control.

### **6.1. ELEMENTOS MECÁNICOS**

La homogeneizadora de aguacate tendrá como componentes mecánicos:

#### **6.1.1. ESTRUCTURA**

Es el ensamblaje de elementos que mantienen la forma, teniendo como objetivos resistir las cargas resultantes de su uso, su peso propio y darle forma al cuerpo de la máquina.

#### **6.1.2. TANQUE**

Es el elemento donde se encuentra contenida la materia prima a ser procesada, su fondo debe ser redondeado para evitar regiones en las cuales no entrarían las corrientes de flujo producidas por el agitador.

Los recipientes de forma cilíndrica son más usados que los de sección cuadrada o rectangular, el fondo plano o cóncavo al exterior es poco conveniente debido al asentamiento de partículas durante y después del proceso. El aumento de la capacidad del tanque es posible con solo aumentar la altura del recipiente.

#### **6.1.3. EJE**

Pieza que entrega movimiento de rotación a un elemento o a un sistema, en este caso al agitador, puede estar conectado en algunos casos directamente a un motor o en otros a un sistema de reducción por engranajes.

#### **6.1.4. CHUMACERAS**

Cojinete de rodadura mecánica, con sistema de fijación paralelo al eje, que funciona entre dos elementos de los cuales uno posee movimiento relativo con respecto al otro que esta fijo minimizando la fricción garantizando su posición sin importar la carga soportada.

### 6.1.5. SELLOS MECÁNICOS

Dispositivo que permite unir sistemas o mecanismos, evitando la fuga de fluidos, conteniendo la presión, o impidiendo el ingreso de contaminación.

### 6.1.6. MATERIALES

Dadas las condiciones sanitarias con las que deberá cumplir el proceso de transformación del aguacate es necesario construirla en su totalidad (exceptuando las chumaceras, los sellos mecánicos y el motor) utilizando acero inoxidable AISI 304.

Los aceros inoxidables son aleaciones de hierro con un mínimo de un 10,5% de cromo. Sus características se obtienen mediante la formación de una película adherente e invisible de óxido de cromo. La aleación 304 es un acero inoxidable austenítico de uso general con una estructura cúbica de caras centradas. Es esencialmente no magnético en estado recocido y sólo puede endurecerse en frío. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas.

#### ❖ **Propiedades mecánicas:**

- Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
- Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
- Elongación 30 % (en 50mm)
- Reducción de área 40 %
- Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
- Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm<sup>3</sup>

#### ❖ **Aplicaciones:**

Sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

#### ❖ **Tratamientos térmicos:**

Éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente.

### 6.1.7. AGITADOR

Elemento que por medios mecánicos logra forzar un fluido para que adquiera movimiento circulatorio en el interior de un tanque.

Para garantizar un adecuado homogeneizado, se deberá realizar una adecuada selección del agitador, los cuales se encuentran entre los que generan corrientes paralelas al eje del impulsor y los que generan corrientes en dirección radial tangencial.

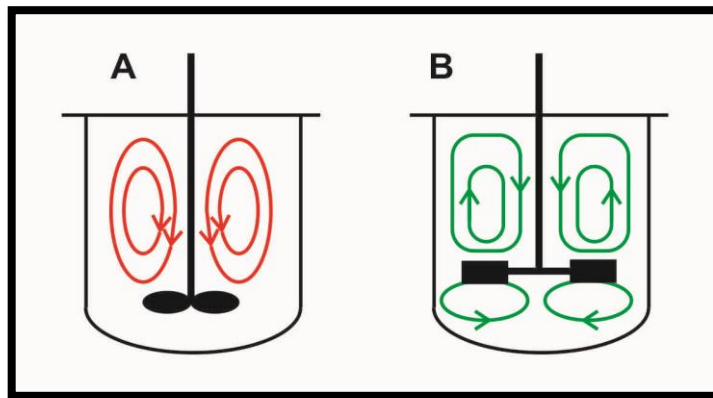


Ilustración 2. A- Agitador de flujo axial, B- Agitador de flujo radial. <sup>3</sup>  
Los tipos principales de agitadores son:

- Agitadores de paleta o pala: se basan en una hoja plana sujeta al eje de rotación, donde se genera un flujo radial del líquido en el plano de la pala; producen una acción de mezcla suave, conveniente para materiales cristalinos frágiles donde se realizan mezclas simples.

---

<sup>3</sup> Fuente: Autores



Ilustración 3. Agitadores de pala.<sup>4</sup>

- Agitadores de Hélice: contruidos con elementos impulsores de hojas cortas. La velocidad de flujo producida está compuesta por:
  - a. Una componente radial formada en una dirección perpendicular al eje.
  - b. Una componente longitudinal, en dirección paralela al eje.
  - c. Una componente rotatoria. La cual es tangencial al sentido de rotación.

La mezcla normalmente es realizada por las componentes radial y longitudinal. Son usados para una amplia variedad de viscosidades de los fluidos, sus corrientes principales son radiales y tangenciales.



Ilustración 4. Agitadores de turbina.<sup>5</sup>

- Agitadores de cinta Helicoidal: El movimiento del fluido ocasiona una rápida mezcla o una excelente transmisión de calor en el caso de líquidos muy viscosos o de sólidos granulares.

<sup>4</sup> Maquinando el saber {En línea}. Fecha. {15 de Abril de 2015}. Disponible en: [http://maquinandoelsaber.blogspot.com/2009\\_09\\_01\\_archive.html](http://maquinandoelsaber.blogspot.com/2009_09_01_archive.html)

<sup>5</sup> Enfoque RIM, química farmacéutica. Impulsores {En línea}. Fecha. {15 de Abril de 2015}. Disponible en: <http://www.rim.com.mx/EnfoqueRim/Quimica/4/99705.html>.



Ilustración 5. Agitador de cinta helicoidal.<sup>6</sup>

Para determinar el tipo de agitador más adecuado se debe tener en cuenta dos factores:

- Grado de homogeneidad deseado.
- Tiempo de agitación.

Dadas las características de la materia prima que va a procesar la homogeneizadora de aguacate, se optara por utilizar un agitador de cinta helicoidal, el cual garantizara la obtención de buenos resultados del producto terminado.

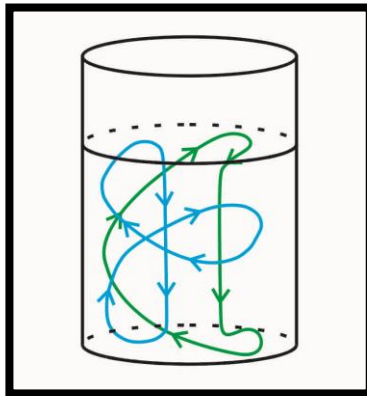


Ilustración 6. Flujo de mezcla.<sup>7</sup>

El agitador de cinta helicoidal es ideal ya que realiza la transferencia de calor de forma homogénea. La eficacia en aplicaciones de mezcla es el doble que otros agitadores como el de ancla, entre 5 y 10 veces mayor, factores que reducen los costos de operación y los tiempos del proceso. Esto es debido al movimiento que genera al fluido en su rotación

---

<sup>6</sup> Direct industry. Hélice para agitadores / de flujo axial {En línea}. Fecha. {15 de Abril de 2015}. Disponible en:<http://www.directindustry.es/prod/ekato-group/product-36897-1322701.html>

<sup>7</sup> Fuente: Autores

## 6.2. ELEMENTOS ELECTRICOS

La homogeneizadora de aguacate tendrá como componentes eléctricos:

### 6.2.1. MOTO-REDUCTOR

Elemento encargado de entregar movimiento rotatorio continuo al sistema. La máquina homogeneizadora estará equipada con un motor de corriente alterna debido a los rasgos sobresalientes con los que estos cuentan, dentro de las cuales se pueden destacar:

- La alimentación en alterna puede ser monofásica, bifásica o trifásica.
- La velocidad de trabajo puede ser constante o variable.
- Campo magnético rotativo, (la velocidad de sincronismo depende del número de polos y la frecuencia de alimentación).

Para determinar la potencia del motor se aplican principios usados en la mecánica de fluidos ya que hasta ahora los cálculos aplicados para definir la potencia en agitación son de carácter experimental. Se debe tener en cuenta la información correspondiente al proceso que se va a desarrollar.

Los valores para determinar la potencia son:

- Numero de Reynolds: Este parámetro nos indica en que régimen de flujo va a trabajar nuestro agitador, es importante porque de él depende la potencia del motor y si se introduce o no aire a la mezcla, para la homogeneizadora de aguacate no es deseable su presencia ya que oxidaría el producto. La fórmula para calcular el número de Reynolds es:  $Re = \frac{\rho * N * D^2}{\mu}$
- Densidad ( $\rho$ ): Relación entre la masa y el volumen de una sustancia. Para obtener la densidad del aguacate HASS, se tomaron los resultados obtenidos de forma experimental. Madrigal Xiomara nos entrega los siguientes resultados: "Para obtener el valor de la densidad del aguacate se utilizó un método experimental que consiste en sumergir la muestra de aguacate previamente pesada en un recipiente con agua y medir la cantidad de líquido que fue desplazado, con esto se obtienen los gramos de la muestra por volumen desplazado"<sup>8</sup>  
Los resultados obtenidos son los siguientes:

---

<sup>8</sup> MADRIGAL, Xiomara. Modelar y simular la liofilización del aguacate Hass. Morelia. Tesis para posgrado de la facultad de ingeniería química, Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo, 2008, p. 47.

Tabla 1. Densidad del Aguacate

Muestra (g)	Desplazamiento (ml)	Densidad calculada(g/ml)
20	14,5	1,37931
20	14,4	1,38889
20	14,2	1,40845

Fuente: Modelar y simular la liofilización del aguacate Hass. Morelia. Tesis para posgrado de la facultad de ingeniería química, Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo, 2008

A partir de los datos anteriores, se toma el valor promedio de los resultados experimentales para concluir que:

$$\text{Densidad } (\rho) = 1,39222 \text{ g/cm}^3$$

- Diámetro (D): El diámetro del agitador diseñado es de 0,317 metros.
- Viscosidad ( $\mu$ ): Característica de los fluidos en movimiento, por medio de la cual muestran determinada oposición a fluir ante la aplicación de una fuerza, a mayor oposición mayor viscosidad. el instrumento empleado para medir la viscosidad es el viscosímetro el cual muestra la fuerza con la que una capa de fluido al moverse arrastra las capas contiguas. La unidad de medida de la viscosidad es el Poise (P), normalmente se usa el centi -Poise (cP).



Ilustración 7. Viscosímetro.<sup>9</sup>

Al no poder hacer pruebas para obtener el dato de la viscosidad de la pulpa de aguacate, se encontró información referente en el informe “Effects of ripening on rheological properties of avocado pulp (Persea americana mill. Cv. Hass)”, en el cual se afirma:

<sup>9</sup> Industrias & laboratorios al día INLAD S.A.C. VISCOSIMETRO ROTACIONAL VISCOLEAD ONE R MARCA: FUNGILAB {En línea}. Fecha {22 de Abril de 2015}. Disponible en: <http://inladsac.com/content/viscos%C3%ADmetros>

“Apparent viscosity and flow properties: For maturation at 20°C, generated by sampling (T0, T1 and T2) of the fruit previously stored at 5°C it was observed that the time to maturity of consumption (given by a texture equivalent to 2 lbf) were 10; 4 and 5 days resulting in a decrease in apparent viscosity in relation to the counterpart at 5°C, which reached similar values which varied between 758 and 988 Cp.”<sup>10</sup>

Información corroborada en el documento “Caracterización fisicoquímica y conservación de la pulpa de aguacate para la elaboración de pasta, realizado por Daniel Humberto Duque González, donde por medio de pruebas de laboratorio determina la viscosidad de la pulpa de aguacate en un rango entre 820 y 830 Cp.

Pasta de aguacate (cP)	
v1=	819,7
v2=	824,2
v3=	826,8

Estos análisis se realizaron con el usillo numero 4 a 100 RPM

Ilustración 8. Datos de Viscosidad. <sup>11</sup>

Para efectuar el cálculo del número de Reynolds se utilizara una viscosidad de 988 cP, siendo este el mayor valor extraído del documento. Cuando esta viscosidad se presente, el motor se encontrara sometido al máximo esfuerzo.

- Velocidad (N): A la hora de determinar la velocidad de trabajo de la maquina homogeneizadora se debe considerar lo siguiente:
  - El aguacate contiene una enzima llamada polifenol oxidasa. Cuando la enzima entra en contacto con el oxígeno se produce una cadena química llamada o-quinonas, en este proceso, pueden aparecer pigmentos negros, marrones o de color rojo, estos pigmentos son los que producen pardeamiento. Este fenómeno se presenta en una gran variedad de frutas y verduras. (Lee, Whitaker, 1995) en el libro “Enzymatic Browning and Its Prevention” afirman:

<sup>10</sup> Effects of ripening on rheological properties of avocado pulp (Persea Americana mill. Cv. Hass) by F. Osorio, A. Roman, J. Ortiz, pg. 3.

<sup>11</sup> DUQUE, Daniel. Caracterización fisicoquímica y conservación de la pulpa de aguacate, “Persea Americana” para la elaboración de pasta. {en línea}. {30 de agosto de 2015}. Disponible en: [http://issuu.com/danielhumbertoduquegonzalez/docs/exposicion\\_i\\_d.pptx](http://issuu.com/danielhumbertoduquegonzalez/docs/exposicion_i_d.pptx).



“La reacción general sugiere que el enzima cataliza la formación de quinonas altamente reactivas que reaccionan con grupos amino o sulfhídrico de proteínas. Estas reacciones generan cambios en las características físicas, químicas y nutricionales del alimento. Las quinonas también pueden conducir a la polimerización y a reacciones de condensación entre proteínas y polifenoles, produciendo como consecuencia pigmentos de color café, proceso conocido como “pardeamiento enzimático” que va en detrimento del perfil nutricional del alimento. Dado el impacto negativo de ésta reacción para la industria alimenticia, los PPO son ampliamente estudiados, sin embargo su función en muchos vegetales no ha sido totalmente resuelta.”

- El proceso se debe realizar a velocidad lenta, de esta forma se garantizara una baja aireación. Se habla de agitación lenta cuando la velocidad es menor a 340 revoluciones por minuto<sup>12</sup>.
- Se va a procesar un fluido no newtoniano (pseudoplástico) de flujo laminar, donde la viscosidad final de la mezcla es la magnitud física predominante.

➤ Cálculo de número de Reynolds:

- Densidad ( $\rho$ )=  $1,3922 \text{ g/cm}^3 = 1392,2 \text{ Kg/m}^3$
- Diámetro (D)=  $0,318 \text{ m}$
- Viscosidad ( $\mu$ )=  $988 \text{ centiPoise} = 0,988 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- Velocidad (N)=  $340 \text{ RPM} = 5,67 \text{ rev/s}$

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot N \cdot D^2}{\mu}$$

$$\text{Re} = 807,94$$

➤ Potencia (P): la potencia transmitida por el agitador se calcula a partir del número de potencia:

$$\text{Np} = \frac{P}{\rho \cdot N^3 \cdot D^5}$$

La relación entre el número de potencia (Np) a diferentes números de Reynolds (Re) para diversos tipos de agitadores se obtiene por medio de gráficas.

---

<sup>12</sup> 13. Bachiller, E. ‘Conceptos básicos de agitación’, [en línea], consulta [15 de abril de 2015]. disponible en: [http://euromix.com.mx/pdf/files/conceptos\\_basicos.pdf](http://euromix.com.mx/pdf/files/conceptos_basicos.pdf)

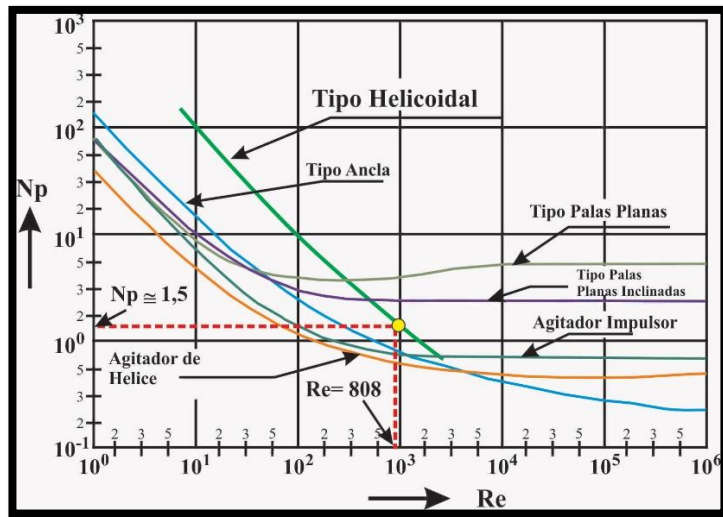


Ilustración 9. Característica de la potencia frente al número de Reynolds.<sup>13</sup>  
 El número de potencia (Np) aproximándolo según la gráfica es 1,5.  
 Despejando hallamos:

$$P = Np * \rho * N^3 * D^5$$

$$P = 1237,8 \text{ Watt}$$

$$P = 1.66 \text{ HP}$$

Las condiciones a las cuales estará expuesta la homogeneizadora son determinantes a la hora de definir el moto-reductor con el que se accionara la máquina. La determinación del tamaño del reductor o de su par nominal y del factor de servicio resultante no está normalizada, este depende de cada fabricante.

- Factor de servicio (sf), se trata de una magnitud adimensional que indica el sobredimensionamiento aplicable a un sistema motriz, por medio del cual se garantiza la resistencia a los impactos del arranque. Además de la confiabilidad y la durabilidad del equipo.
- Si se trata de un funcionamiento normal, o sea, con carga uniforme por la máquina accionada, con pequeñas masas para acelerar y con una frecuencia de trabajo baja, se puede seleccionar un factor de servicio igual a uno ( $f_B = 1$ ).
- Para condiciones de trabajo distintas, el factor de servicio puede consultarse en tablas suministradas por los fabricantes de los moto reductores, si se conocen la potencia del motor y la velocidad de salida del reductor.

<sup>13</sup> Fuente: Autores

El factor de servicio de la máquina accionada se calcula a partir de las tablas, teniendo en cuenta el grupo de carga, la frecuencia de maniobras y el tiempo de servicio diario<sup>14</sup>.

Tabla 2. Grupos de carga de las maquinas accionadas

Grado de choque	Ejemplos de tipo de carga
A. Prácticamente sin choques	Factor de aceleración de las masas $\leq 0,3$ : Tornillos sin fin de transporte ligeros, ventiladores, cintas de montaje, cintas transportadoras ligeras, agitadores pequeños, elevadores, máquinas limpiadoras, máquinas de llenado, máquinas de control, transportadores de correa.
B. Choques considerables	Factor de aceleración de las masas $\leq 3$ : Devanadoras, alimentadoras para máquinas de procesamiento de la madera, montacargas, equilibradoras, agitadores y mezcladoras medianas, bobinadoras, puertas correderas, sistemas de limpiezas de establos, envasadoras, plegadoras, bombas de engranaje.
C. Choques violentos	Factor de aceleración de las masas $\leq 10$ : Cizallas, prensas, estampadoras, canteadoras, tambores de limpieza y pulido, vibradoras, trituradoras

Fuente: Reductores de sin fin serie universal G 1035 60 Hz mm, Nord.

Tabla 3. Factores de servicio (sf)

Tiempo de funcionamiento diario	4 horas			8 horas			16 horas			24 horas			
	Maniobras* / hora	< 10	10 ... 200	> 200	< 10	10 ... 200	> 200	< 10	10 ... 200	> 200	< 10	10 ... 200	> 200
Grado de choque	1	0,80	0,90	1,00	0,90	1,00	1,10	1,00	1,10	1,20	1,20	1,30	1,50
	2	1,00	1,10	1,30	1,10	1,20	1,30	1,20	1,40	1,50	1,40	1,50	1,60
	3	1,30	1,40	1,50	1,40	1,50	1,60	1,50	1,60	1,70	1,60	1,70	1,80

\* El número de maniobras se obtiene sumando las operaciones de conexión, frenado y conmutación.

Fuente: Reductores de sin fin serie universal G 1035 60 Hz mm, Nord.

<sup>14</sup> Información extraída de reductores de sin fin serie universal a velocidades constantes G 1035 ES 60 Hz mm, catalogo NORD Motorreductores (Sistemas de accionamiento), página 12.

Analizando las tablas y aplicando las condiciones de trabajo a las cuales estará expuesta la máquina homogeneizadora se puede considerar:

- El grado de choque al que se someterá la máquina es 1, ya que es el asignado a los agitadores y mezcladores para concentraciones homogéneas.
- El factor de servicio a ser considerado es 1,00 ya que la máquina no trabajará más de 16 horas al día y no tendrá más de 10 maniobras por hora.
- La velocidad de salida del reductor no será mayor a 340 RPM.
- El eje del agitador estará acoplado directamente al reductor.
- Comercialmente no existen motores de 1,66 HP, por lo tanto la potencia del motor será de 2HP (1,5 KW), aplicando un factor de protección del veinte por ciento (20%) sobre el valor calculado.
- Los reductores están diseñados para una velocidad de motor o de entrada de hasta 1800 revoluciones por minuto. Las velocidades mayores reducen la vida útil.
- Considerando la velocidad de entrada al reductor y la velocidad de salida del mismo, este tendrá una relación de reducción  $i = 5$ .
- El motor reductor estará diseñado para trabajar en condiciones ambientales entre los  $-25^{\circ}\text{C}$  y los  $40^{\circ}\text{C}$ , rango dentro del cual trabajará la máquina homogeneizadora.

El motor con el cual estará dotado será trifásico, con rotor en jaula de ardilla de cuatro polos y autoventilado.

Considerando la anterior información y aplicándola al documento "Reductores de sin fin serie universal G 1035 60 Hz mm, Nord", se define el motor reductor con referencia SK 1 SI 40 – IEC 90, siendo este un dispositivo de tornillo sin fin con eje de salida hueco.

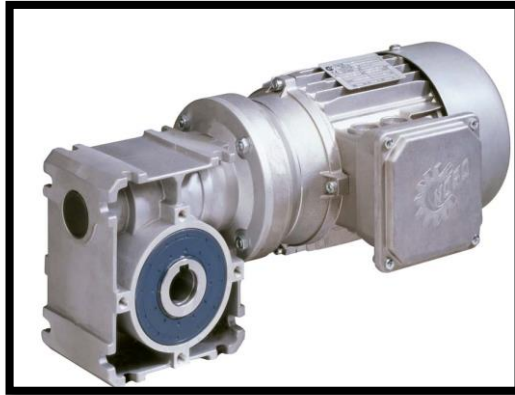


Ilustración 10. Moto-reductor corona sinfín Siemens.<sup>15</sup>

En caso de requerirse, este se podrá reemplazar por un moto-reductor equivalente de otra marca, teniendo en cuenta que debe cumplir con las condiciones y características requeridas.

### 6.2.2. CONTACTORES

Elemento electromecánico cuya función es permitir o no el paso de corriente a través de un circuito eléctrico. El accionamiento de los contactores se realiza por medio de una señal eléctrica enviada por un circuito de control, esta al circular por la bobina, activa el electroimán que une los contactos.



Ilustración 11. Contactor.<sup>16</sup>

Los contactores pueden ser accionados a distancia, otra de sus características es su capacidad de trabajar a grandes frecuencias de operación. Estos sólo permiten

<sup>15</sup> NORD, motorreductores. reductores de sinfín serie universal. {En línea}. Fecha. {01 de Junio de 2015}. Disponible en:

[https://www5.nord.com/cms/media/documents/bw/G1035\\_60Hz\\_ES\\_2908.pdf](https://www5.nord.com/cms/media/documents/bw/G1035_60Hz_ES_2908.pdf).

<sup>16</sup> Productkdataenblatt Eigenschaften. LC1D25F7 {En línea}. Fecha {28 de Agosto de 2015}.

Disponible en: [https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/LC1D25F7\\_eng\\_tds.pdf](https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/LC1D25F7_eng_tds.pdf).

dos estados, estable o en reposo si no recibe acción a través del circuito de control, o inestable si recibe una señal que permita el paso de corriente.

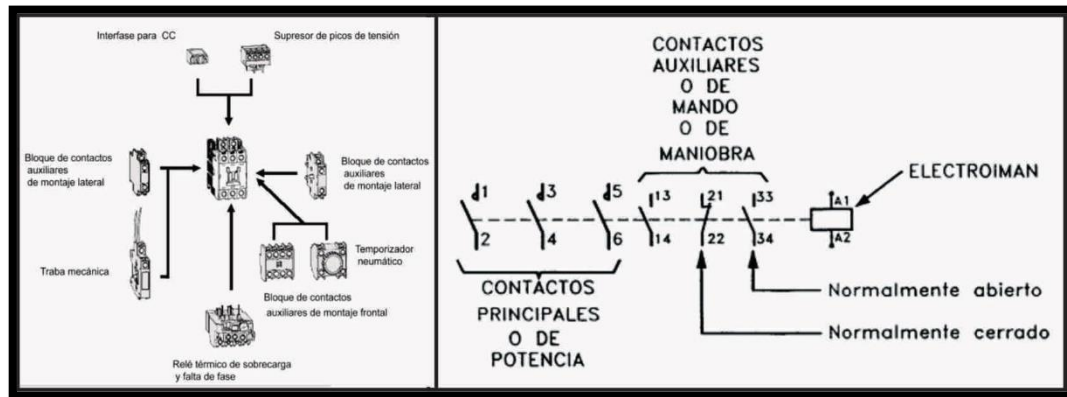


Ilustración 12. Partes de un contactor y su esquema eléctrico. <sup>17</sup>

Para elegir el contactor adecuado se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Voltaje de alimentación de la bobina del contactor. Puede ser continua o alterna, con tensiones de 12 V, 24 V o 220 V.
- Número accionamientos por hora. Se debe tener en cuenta por el deterioro generado por el arco eléctrico que se produce cada vez que es accionado.
- Corriente que consume el motor durante la operación (corriente de servicio).
- Categoría de servicio. En este caso será categoría AC3, la cual es aplicada en motores asíncronos de jaula de ardilla.

Por tal motivo el uso de catálogos de fabricantes es lo más conveniente para determinar el contactor adecuado de acuerdo a los requerimientos de la máquina y las características del variador.

### 6.2.3. VARIADOR DE VELOCIDAD

El control de velocidad de la máquina homogeneizadora se hará por medio de un variador de frecuencia VFD (Variable Frequency Drive) o AFD (Adjustable Frequency Drive) siendo este un sistema de control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) a través del control de la frecuencia de la energía eléctrica que alimenta el motor.

La máquina homogeneizadora de aguacate estará equipada con un variador de velocidad YASKAWA CA J 1000, clase 200 V, de entrada monofásica para motores entre 0,1 a 2,2 kilo vatios de potencia.

<sup>17</sup> taringa. el contactores electromagnético. {En línea}. Fecha. {08 de Junio de 2015}. Disponible en: <http://www.taringa.net/posts/info/5840932/El-Contactores-electromagnetico.html>.



Ilustración 13. Variador de velocidad. <sup>18</sup>

#### 6.2.4. CONDUCTORES

Se refiere a un medio físico que al entrar en contacto con un cuerpo cargado eléctricamente, transporta la electricidad hasta todos los puntos de su superficie. Estos elementos contienen electrones libres en su interior facilitando el desplazamiento de las cargas a través del material. Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones.

El motor-reductor cuando tenga la carga máxima consumirá según ley de Watt:

$$P = V * I$$

$$P = 2 \text{ HP} = 1.5 \text{ KW}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I = \frac{1.5 \text{ KW}}{220 \text{ V}} = 6.8 \text{ A}$$

En el momento de arranque del equipo, se generará un pico de corriente, por tal motivo, se aplicará un factor de protección del 25 % determinando la corriente pico máxima en 8.5 A. Por lo tanto, la maquina homogeneizadora estará dotada con cable calibre # 18 AWG, esta información es determinada por tabla.

---

<sup>18</sup> Schneider. Item # ATV630U30M3, Variable Speed Drive {En línea}. Fecha {14 de Agosto de 2015}. Disponible en: <http://schneider.thomasnet.com/item/category-201272/altivar-630-process/atv630u30m3>.

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A	18 AWG	10 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A	16 AWG	13 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A	14 AWG	18 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A	12 AWG	25 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Tabla 4. Tabla de conductores. <sup>19</sup>

### 6.2.5. CELDAS DE CARGA

Son sensores de peso electrónicos principalmente conformados por galgas extensiométricas conectadas en configuración de puente de Wheatstone, esta toma una magnitud física (peso) y la transforma en una señal eléctrica provocada por una deformación.

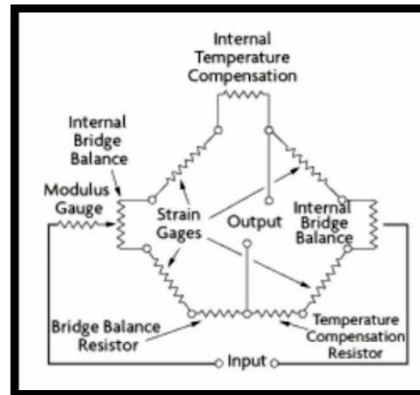


Ilustración 14. Puente de wheatston<sup>20</sup>

Las galgas están montadas sobre un miembro estructural, este se deforma en el momento que se le aplique una fuerza. Para mayor sensibilidad y compensación de temperatura se conectan cuatro galgas; la fuerza varía la resistencia eléctrica de las galgas en proporción a la carga.

<sup>19</sup> Voltech. Amperaje que soportan los cables de cobre {En línea}. Fecha {14 de Mayo de 2015}. Disponible en: <https://www.voltech.com.mx/cables.php>.

<sup>20</sup> Omega. Wheatstone Circuit with Compensation {En línea}. Fecha {23 de Mayo de 2015}. Disponible en: <http://www.omega.com/prodinfo/LoadCells.html>



Comercialmente se encuentra una amplia variedad de celdas de carga, clasificándose según su forma, tamaño, material, etc.

#### TIPOS DE CELDAS DE CARGA:

- De compresión: Miden según su compresión con una excelente estabilidad a largo plazo. Están diseñadas para operar montadas a una superficie plana, y tienen un botón de carga mecanizado como parte integrante de la celda de carga básica.



Ilustración 15. Celda de carga de compresión. <sup>21</sup>

- De tensión y compresión: Estas celdas permiten medir tanto la tensión como la compresión de las cargas. Están hechas de acero inoxidable, son de tamaño pequeño y son capaces de ofrecer lecturas de alta precisión. Soportan presiones desde 1 kg hasta 450 kg.



Ilustración 16. Celda de carga de tensión y compresión. <sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> BELLINI, Bruno. Sensores de presión utilizados en las plataformas de fuerza aplicadas al estudio de la posturografía. {En línea}. Fecha. {15 de julio de 2015}. Disponible en: <http://www.nib.fmed.edu.uy/Seminario%202009/Monografias%20seminario%202009/Bellini-Celdas%20de%20carga%20para%20plataforma.pdf>.

Fuente: Sensores de presión utilizados en las plataformas de fuerza aplicadas al estudio de la posturografía. pág. (5).

- Tipo Monoplato: Se trata de una celda de carga de bajo perfil, en forma de viga al corte para aplicaciones de capacidades ligeras como basculas de banco, normalmente construidas en aluminio para compensar movimientos y así garantizar su precisión. El revestimiento del extensómetro la protege en ambientes húmedos. Se encuentran de 3 hasta 100 kg.

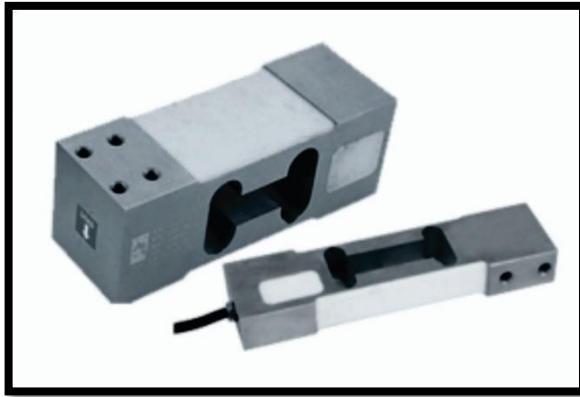


Ilustración 17. Celda de carga tipo monoplato. <sup>23</sup>

Por motivos de diseño, funcionamiento, etc. La máquina homogeneizadora estará equipada con celdas de carga tipo monoplato.

#### 6.2.6. CAJA DE CONEXIONES ANALOGICAS

Las cajas sumadoras se emplean para sumar o unificar fuerzas, estas son necesarias cuando se encuentran diferentes puntos de medida dispuestos en una plataforma, esta configuración permite aumentar la capacidad de medición teniendo en cuenta que las cargas se van sumando.

---

<sup>22</sup> BELLINI, Bruno. Sensores de presión utilizados en las plataformas de fuerza aplicadas al estudio de la posturografía. {En línea}. Fecha. {15 de julio de 2015}. Disponible en: <http://www.nib.fmed.edu.uy/Seminario%202009/Monografias%20seminario%202009/Bellini-Celdas%20de%20carga%20para%20plataforma.pdf>.

<sup>23</sup> Gregorutti asociados. Celda de carga tipo monoplato {En línea}. Fecha {30 de Mayo de 2015}. Disponible en: [http://www.gregoruttisa.com.ar/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=53&category\\_id=31&option=com\\_virtuemart&Itemid=3](http://www.gregoruttisa.com.ar/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=53&category_id=31&option=com_virtuemart&Itemid=3).

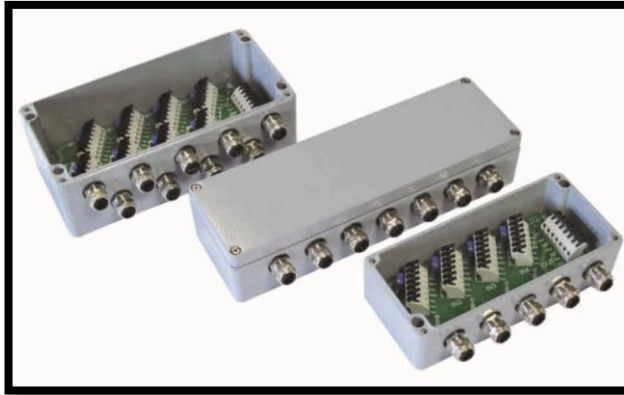


Ilustración 18. Caja sumadora.<sup>24</sup>

### 6.2.7. ELEMENTOS DE PROTECCION

Las instalaciones eléctricas en general deben contar una serie de protecciones para garantizar la seguridad de las mismas, tanto desde el punto de vista de los conductores y los elementos conectados a ella, como de los operarios que las manipulan.

Dentro de la gran variedad de protecciones con las que se puede hacer segura una instalación eléctrica ante cualquier eventualidad existen tres que deben incluirse en todo tipo de instalación, ya sea de alumbrado, domesticas, de fuerza, redes de distribución, circuitos auxiliares, etc., las cuales son:

- a) Protección contra cortocircuitos. Los elementos adecuados para este tipo de protección serian fusibles calibrados (cortacircuitos) o interruptores automáticos magneto térmicos (breakers).
- b) Protección contra sobrecargas. Los elementos adecuados para este tipo de protección serian fusibles calibrados (cortacircuitos), interruptores automáticos magneto térmicos (breakers) y relés térmicos.
- c) Protección contra electrocución. Se trata de la puesta a tierra de las masas, unida a un dispositivo de corte automático (relé o controlador de aislamiento), con lo cual se aislará la instalación defectuosa.

La instalación eléctrica de la maquina homogeneizadora estará protegida con un interruptor magnético y un interruptor diferencial.

---

<sup>24</sup> Sensing.Caja sumadora para células de carga y sensores de fuerza {En línea}. Fecha {27 de Septiembre de 2015}. Disponible en: [http://www.sensores-de-medida.es/sensing\\_sl/ACONDICIONADORES-DE-SE%C3%91AL\\_158/Electr%C3%B3nicas-protégidas-en-caja-robusta\\_295/Caja-sumadora-para-c%C3%A9lulas-de-carga-y-sensores-de-fuerza\\_345.html](http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/ACONDICIONADORES-DE-SE%C3%91AL_158/Electr%C3%B3nicas-protégidas-en-caja-robusta_295/Caja-sumadora-para-c%C3%A9lulas-de-carga-y-sensores-de-fuerza_345.html)



Ilustración 19. Interruptor magnético.<sup>25</sup>

El interruptor magnético deberá soportar cargas hasta de 8,5 Amperios, corriente pico del motor calculada para determinar el calibre de los conductores.

---

<sup>25</sup> SuperRobotica. Microcontrolador Basicx-24p S310205 {En línea}. Fecha {4 de Junio de 2015}. Disponible en: <http://www.superrobotica.com/S310205.htm>

## **7. ANALISIS DE ELEMENTOS AUTOMATIZABLES**

Debido a la gran demanda industrial que se ha generado en los últimos años, se ha visto la necesidad de agilizar y mejorar los procesos de producción, donde las labores realizadas por operarios han sido reemplazadas por robots y máquinas permitiendo así mayor cantidad de productos, mayor seguridad en las empresas para los empleados y mejor calidad en el menor tiempo posible, esto se conoce como automatización. Uno de sus principales objetivos es disminuir los costos de producción y liberar al operario de labores peligrosas e incluso tareas donde el cuerpo humano está limitado físicamente para realizar un proceso.

En el diseño de la máquina homogeneizadora de aguacate se tendrá en cuenta como componente a automatizar el motor eléctrico, el cual será accionado por el variador de velocidad, este elemento será controlado por el PLC dependiendo de la información entregada por las celdas de carga, el temporizador y el control manual de velocidad.

## **8. INVESTIGACION SOBRE TECNOLOGIAS DE CONTROL**

Antes de empezar a analizar los diferentes tipos o tecnologías de control, se deben tener en cuenta algunos conceptos previos para la total comprensión de este tema. Se entiende por tecnología como el conjunto de técnicas utilizadas para crear, proponer y desarrollar soluciones para satisfacer las necesidades de las personas. La palabra control se define como la capacidad que tiene un sistema para medir una variable, poder manipularla y conocer su valor.

Actualmente, la industria mundial ha creado la necesidad de producir más rápidamente sus productos, buscando alternativas para el desarrollo de técnicas que permitan realizar los procesos de fabricación y entrega en el menor tiempo posible. Con el desarrollo de la electrónica y los sistemas de automatización, se ha mejorado la eficiencia en estos procesos, ya sea en la industria automotriz, desarrollos de ingeniería, fabricación de productos farmacéuticos, alimentos, y también en la parte agroindustrial.

A comienzos de la época industrial, los operarios de las diferentes empresas realizaban su trabajo de forma manual y eran asignadas tareas específicas a cada individuo, debido a que una persona no podía realizar diferentes labores al mismo tiempo. Estas actividades las realizaban utilizando elementos sencillos como termómetros, manómetros, basculas y relojes mecánicos para medir el peso y el tiempo, válvulas manuales, etc. Como el control era muy implícito, entonces solo se necesitaba que una persona estuviera pendiente de tomar las respectivas medidas que indicaban estos elementos, pero a medida que se fue aumentando la complejidad de estos, se vio la necesidad de automatizar estos sistemas, liberando físicamente al operario de su presencia en el proceso, y llevándolo simplemente a realizar tareas de supervisión y vigilancia de las maquinas eléctricas, mecánicas, hidráulicas, electro neumáticas, etc.

### **8.1. MICROCONTROLADORES PIC**

Es un circuito integrado que contiene toda la arquitectura de un microcomputador, (CPU, RAM, ROM y circuitos de entrada y salida). Algunos poseen sistemas convertidores análogos digital, temporizadores, contadores y un sistema para comunicación en serie y en paralelo.

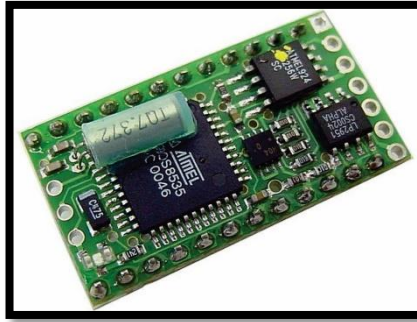


Ilustración 20. Microcontrolador. <sup>26</sup>

Las aplicaciones con microcontroladores son ilimitadas, dentro de las cuales se pueden destacar: sistemas de seguridad, luces robóticas, tableros publicitarios, etc., además de controles automáticos usados en la Industria especialmente para controlar motores de corriente alterna y corriente continua, motores paso a paso, controles de tiempo o temperatura, etc.

Para programar un PIC se pueden usar varios lenguajes; uno de los más usados es C; el código convertido a hexadecimal se introduce al PIC por medio hardware (placa grabadora) la cual se conecta al computador mediante puerto serial o USB.

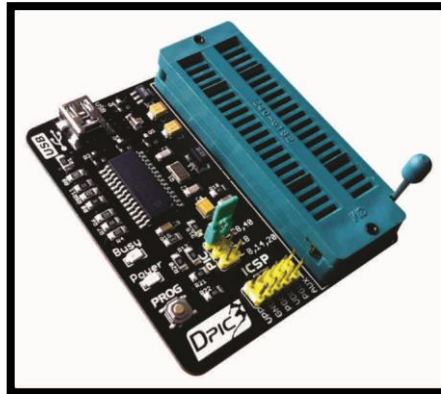


Ilustración 21. Placa grabadora de PIC. <sup>27</sup>

#### **Ventajas de un microcontrolador PIC:**

- Para su programación solo se requiere una computadora que cuente con puertos USB o serial, los cuales son los más populares entre los computadores y las placas grabadoras.

---

<sup>26</sup> SuperRobotica. Microcontrolador Basicx-24p S310205 {En línea}. Fecha {4 de Junio de 2015}. Disponible en: <http://www.superrobotica.com/S310205.htm>.

<sup>27</sup> Electrotec electrónica & Robótica. Grabador de PIC DPIC3 {En línea}. Fecha {4 de Junio de 2015}. Disponible en: <http://www.electrotec.pe/categoria/pic/producto/grabador-de-pic-dpic3/>.

- Simplificación de los circuitos de conexión por medio de una sencilla programación, permitiendo controlar, programar y sincronizar tareas electrónicas a través del tiempo.
- El software para programar un microcontrolador es de fácil adquisición.
- Existe gran variedad de microcontroladores PIC en el mercado con diversas características, como cantidad de puertos, cantidad de entradas y salidas, conversor Analógico Digital, espacio en memoria, etc.

### **Desventajas de un microcontrolador PIC:**

- La gran cantidad de instrucciones para realizar una tarea en particular cuando se trata de un proyecto complejo.

## **8.2. MICROPROCESADOR**

Circuito electrónico sumamente integrado, el cual actúa como unidad central de proceso en un ordenador, proporcionando el control de las operaciones de cálculo. Los microchips o chips, como también se suelen llamar, están constituidos por elementos extremadamente pequeños formados en una única pieza plana de poco espesor de un material conocido como semiconductor. Los microprocesadores modernos incorporan hasta 10 millones de transistores (que actúan como amplificadores electrónicos, osciladores o, más a menudo, como conmutadores), además de otros componentes como resistencias, diodos, condensadores y conexiones, todo ello en una superficie comparable a la de un estampilla postal.



Ilustración 22. Microprocesador. <sup>28</sup>

Un microprocesador consta de varias secciones diferentes. La unidad aritmético-lógica (ALU, siglas en inglés) efectúa cálculos con números y toma decisiones

---

<sup>28</sup> Mcpro muycomputer.Intel presenta nuevos procesadores Xenón E% y E3 {En línea}. Fecha {13 de Junio de 2015}. Disponible en: <http://www.muycomputerpro.com/2012/05/15/intel-aumenta-catalogo-procesadores-xeon-e5>.



lógicas; los registros son zonas de memoria especiales para almacenar información temporalmente; la unidad de control descodifica los programas; los buses transportan información digital a través del chip y de la computadora; la memoria local se emplea para los cálculos realizados en el mismo chip. Los microprocesadores más complejos contienen a menudo otras secciones; por ejemplo, secciones de memoria especializada denominada memoria cache, que sirven para acelerar el acceso a los dispositivos externos de almacenamiento de datos. Los microprocesadores modernos funcionan con una anchura de bus de 64 bits (un bit es un dígito binario, una unidad de información que puede ser un uno o un cero): esto significa que pueden transmitirse simultáneamente 64 bits de datos.

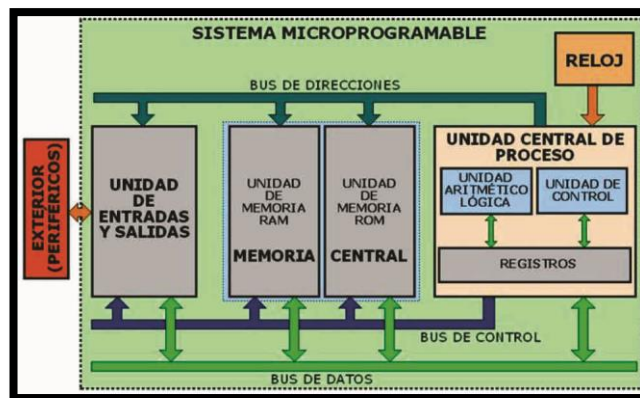


Ilustración 23. Estructura de un microprocesador. <sup>29</sup>

Un cristal oscilante situado en el ordenador proporciona una señal de sincronización, o señal de reloj, para coordinar todas las actividades del microprocesador. La velocidad de reloj de los microprocesadores más avanzados es de unos 300 megahercios (MHz) unos 300 millones de ciclos por segundo, lo que permite ejecutar unos 1.000 millones de instrucciones cada segundo.

### Diferencia entre un microcontrolador y microprocesador

Es muy habitual confundir los términos de microcontrolador y microprocesador, cayendo así en un error de cierta magnitud. Un microcontrolador es, como ya se ha comentado previamente, un sistema completo, con unas prestaciones limitadas que no pueden modificarse y que puede llevar a cabo las tareas para las que ha sido programado de forma autónoma. Un microprocesador, en cambio, es simplemente un componente que conforma el microcontrolador, que lleva a cabo ciertas tareas y que, en conjunto con otros componentes, forman un microcontrolador.

<sup>29</sup> Otapiki'S Blog. Estructura del microprocesador CPU {En línea}. Fecha {02 de Julio de 2015}. Disponible en: <https://otapiki.wordpress.com/2010/04/13/estructura-del-microprocesador-cpu/>.

Debe quedar clara por tanto la diferencia entre microcontrolador y microprocesador: a modo de resumen, el primero es un sistema autónomo e independiente, mientras que el segundo es una parte, cabe decir que esencial, que forma parte de un sistema mayor.

### 8.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Es un dispositivo utilizado en la automatización y control de procesos, el cual cuenta con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas (lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas), ejecutando un programa de forma cíclica. Dan la posibilidad de detectar las alteraciones presentadas en las variables, por medio de transductores, para así poder entregar órdenes a un elemento final de control (motores, válvulas, o actuadores, entre otros dispositivos mecánicos). Un PLC también tiene su diagrama en bloques, que se puede observar, para un mejor entendimiento del dispositivo. La automatización industrial sería imposible realizar sin un PLC.



Ilustración 24. Controlador lógico programable (PLC).<sup>30</sup>

#### **Ventajas de un PLC:**

- Una de las grandes ventajas de un PLC es la de automatizar tareas o robotizarlas, depende de cómo se lo quiera ver. Al hacerlo, se ahorra mano de obra, y los costos finales del proyecto disminuyen.
- Facilidad de programar, la compañía fabricante del PLC suministra el software, el cual es de fácil ejecución.
- Con un PLC, no es necesario cambiar la configuración de la estructura mecánica para cambiar de tarea, lo cual requiere que la mecánica tenga un alto rango de dinamismo.
- Posibilidad de indicar la ubicación de las fallas presentadas durante el proceso, se debe incluir en la programación.

<sup>30</sup> PAK PLC.com. Thinget PLC's {En línea}. Fecha {10 de Julio de 2015}. Disponible en: <http://www.pakplc.com/index.php/products/standardautomationproducts/thinget#xc319>.

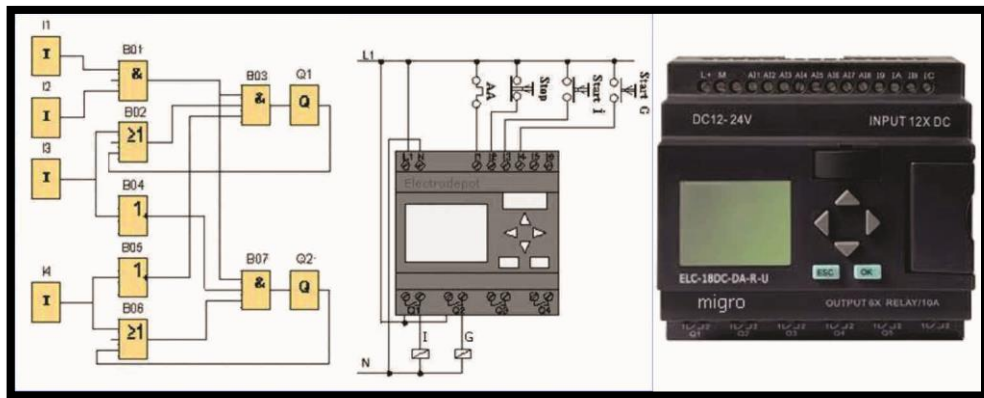


Ilustración 25. PLC y programa. <sup>31</sup>

### Desventajas de un PLC:

- A la hora de programar se deben tener en cuenta todos los detalles del proceso para que no se presenten errores a la hora de la ejecución.
- La tarea o el proceso depende totalmente del código de la programación. Esto requiere de gran habilidad y conocimientos por parte del programador.
- El costo inicial de lo que implica automatizar una tarea con un PLC es muy elevado. Ésta es una clara desventaja.

Para la homogeneizadora de aguacate se decidió utilizar un PLC ya que su programación es menos compleja a comparación de los microcontroladores.

<sup>31</sup> Electrodepot. PLC programmable logic controller {En línea}. Fecha {18 de Julio de 2015}. Disponible en: <http://www.attf.com/migroplc.htm>.

## 9. INDICACIONES DE INSTALACION Y OPERACIÓN

Antes de instalar la maquina homogeneizadora de aguacate, se debe verificar que el suministro entregado por la red eléctrica sea el que corresponde a las indicaciones de los fabricantes de la máquina. No es adecuado el uso de extensiones ni conectores múltiples.

La máquina homogeneizadora se debe ubicar sobre una superficie plana y estable teniendo en cuenta que deberá quedar a una altura adecuada para su operación. El nivel y la estabilidad de la maquina garantizaran el buen funcionamiento de las celdas de carga.

El operario debe ser una persona adulta y previamente capacitada para este fin.

La instalación de la maquina homogeneizadora de aguacate se deberá realizar por personal calificado asesorado por los fabricantes de la misma.

### 9.1. TABLERO DE CONTROL

El tablero de control será la parte de la maquina desde la cual se podrán realizar algunas acciones como son programar el tiempo de homogeneizado, parar o iniciar la operación, además de variar la velocidad del agitador y tener un control de peso de la materia prima a procesar.



Ilustración 26. Tablero de control.<sup>32</sup>

En el tablero de control se ubicara:

- Interruptor (ON – OFF), el cual permite la alimentación de energía al panel de control.
- PLC, este elemento realizara el control de la máquina homogeneizadora.

---

<sup>32</sup> Fuente. Autores.

- Led, el cual indicara si la maquina cumple con las condiciones para ser encendida.
- Display indicador de peso, con el cual se podrá llevar control de la materia prima procesada.
- Control de velocidad, permitirá la variación de la velocidad dependiendo de las características de la materia prima.
- Inicio y parada, botones para prender y apagar la máquina homogeneizadora.
- Parada de emergencia, con la que se suspenderá la alimentación de energía en caso de una eventualidad.

## 9.2. SANEAMIENTO

Al final de cada jornada se deberá desmontar el agitador y su eje, lavar cada parte del tanque y de la estructura de la maquina con abundante agua y jabón sin aroma para así eliminar todos los remanentes de materia prima, garantizando la asepsia de la máquina y de todo el proceso.

## 10. PRESUPUESTO DE COSTOS DE FABRICACIÓN DE LA MAQUINA HOMOGENEIZADORA

### 10.1. MATERIALES Y COMPONENTES DE MAQUINA

La siguiente tabla contiene la lista de materiales y componentes de la maquina

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Tanque.	Tanque	1	7.837.000	7.837.000,00
2	Lateral.	Tanque	2		
3	Marco tanque.	Tanque	1		
4	Tapa tanque.	Tanque	1		
5	Bisagra.	Tanque	4		
6	Separador bisagra.	Tanque	2		
7	Soporte celda.	Tanque	4		
8	Salida pulpa.		1		
9	Flanche salida.		2		
10	Salida pulpa inf.		1		
11	Base sello mecanico		2		
12	Agitador.		1		
13	Eje agitador.		1		
14	Estructura.		1		
15	Chumacera_UCP205		2	25.000	50.000,00
16	Pin Retencion de Eje		1	3.500	3.500,00
17	Tornillo Bristol 6 x 30		16	1.200	19.200,00
18	Tuerca M10		2	800	1.600,00
19	Tornillo M10 x 50		2	2.500	5.000,00
20	Tornillo Avellanado M6 x 55		4	1300	5.200,00
21	Tuerca M6		12	500	6.000,00
22	Tornillo Avellanado M6 x 45		4	1300	5.200,00
23	Tornillo Bristol M6 x 35		4	1200	4.800,00
24	Tuerca M12		8	800	6.400,00
25	Tornillo M6 x 25		4	1200	4.800,00
26	Tornillo M12 x 110		4	2800	11.200,00
27	Válvula de mariposa tipo wafer inoxidable		1	525.000	525.000,00
28	sellomecanico.		2	70.000	140.000,00
29	Motorreductor a 90° sinfín corona de 3 hp		1	1.815.400	1.815.400,00
30	Variador de velocidad (ATV630U30M3)		1	3.146.000	3.146.000,00
31	Interruptor magnetico (GV2L22)		1	680.500	680.500,00
32	Contacto (LC1D25F7)		1	584.300	584.300,00
33	Cable encauchetado STC 4x18		5 m	3.000	15.000,00
34	celdas de carga		4	66.134	264.536,00
35	Caja sumadora		1	180.000	180.000,00
36	PLC Semens Logo		1	300.000	300.000,00
37	Pulsador start stop legrand		2	16.500	33.000,00
38	Selector de manija larga legrand		2	31.200	62.400,00
40	Interruptor parada de emergencia (rojo 40 mm)		1	50.200	50.200,00
41	Display LCD		1	20.000	20.000,00
				total	15.776.236,00

Tabla 5. Materiales y componentes<sup>33</sup>

<sup>33</sup> Fuente. Autores

El costo de los materiales y componentes para fabricar una máquina es de 15.776.236 pesos.

## 10.2. MANO DE OBRA

La fabricación, montaje y puesta en marcha de la máquina Homogeneizadora de aguacate se realizara en una semana (7 días), para lo cual se requiere de dos personas, un obrero calificado y un ayudante práctico.

El salario del obrero calificado con formación tecnológica será de \$ 1.030.724 mil pesos mensuales; el salario del ayudante práctico con formación técnica será 901.026.

Por ser básicos menores a dos salarios mínimos tienen derecho al auxilio de transporte que equivale a 74.000 pesos.

El salario de las dos personas por 6 días será 485.275 pesos

La siguiente tabla relaciona los pagos que se deben realizar por los dos empleados en un periodo de seis días.

<b>Concepto</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Total (\$)</b>
Pensión	12	58.233
Cesantías	8,33	40.423
Intereses Cesantías	1	4.851
Prima de servicio	8,33	40.423
Vacaciones	4,17	20.236
A.R.L	4,36	33.775
Parafiscales	4	20.220
	total	218.261

Tabla 6. Mano de obra<sup>34</sup>

El costo de la A.R.P. es de 6,96%, según tabla de riesgos profesionales, los empleados están en riesgo alto.

---

<sup>34</sup> Fuente. Autores.

Las nuevas reglamentaciones dispuestas por el gobierno del presidente Santos exoneran a los empleadores que cuenten con más de dos empleados el pago del ocho por ciento correspondiente a salud

En total el costo de mano de obra requerida para la fabricación de la maquina Homogeneizadora de aguacate es de 703.536 pesos.

### 10.3. COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN

Está planificado que la construcción y el montaje de la máquina se realizara en seis días, por lo tanto los costos indirectos de la fabricación de una sola máquina, se harán proporcionales.

CONCEPTO	VALORES (\$)			TOTALES (\$)
ARRENDAMIENTO	250.000			250.000
SERVICIOS PÚBLICOS	AGUA	LUZ	TELEFONO	60.000
	15.000	30.000	15.000	
ASEO	8.500			8.500
VIGILANCIA	20.000			20.000
TOTAL				338.500

Tabla 7. Costos indirectos de fabricación<sup>35</sup>

En total, el costo indirecto de la fabricación de la maquina homogeneizadora de aguacate es de 338.500 pesos.

### 10.4. COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN

El costo de fabricación de la maquina homogeneizadora será igual a la suma de:

- Costo de materiales y componentes de máquina: \$ 15.776.236
- Costo de mano de obra: \$ 703.536
- Costos indirectos de fabricación: \$338.500

Vale la pena anotar que este valor puede llegar a variar dependiendo del inventario de componentes existentes en el mercado en el momento en que se vaya a fabricar la máquina, además del precio del dólar, el cual tiene una gran influencia ya que la mayoría de materiales y componentes son importados.

<sup>35</sup> Fuente. Autores.



## 11. CONCLUSIONES

Finalizado el presente trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se planteó un modelo de homogeneizadora apta para el procesamiento de remanentes de aguacate Hass y se realizó un diseño previo.
- Se determinaron y seleccionaron los componentes tanto mecánicos como eléctricos según el diseño realizado.
- En la determinación de la potencia del motoreductor se tuvieron en cuenta características físicas del aguacate como lo son la densidad y la viscosidad, además de algunos factores de diseño como lo son formas y dimensiones.
- Se efectuó revisión bibliográfica acerca de las tecnologías de control aplicables a la maquina homogeneizadora de aguacate Hass.
- El sistema de pesaje, además de definir los parámetros de operación y protección del equipo, es utilizado para el control del volumen de la producción.
- Haciendo un análisis de costos para evaluar financieramente el proyecto, se llega a la conclusión que la fabricación de la homogeneizadora es viable, porque teniendo en cuenta el valor de construcción, y la producción anual de aguacate Hass en el corregimiento de la bella, se estima que la inversión se puede recuperar en menos de un año.

## 12. ANEXOS

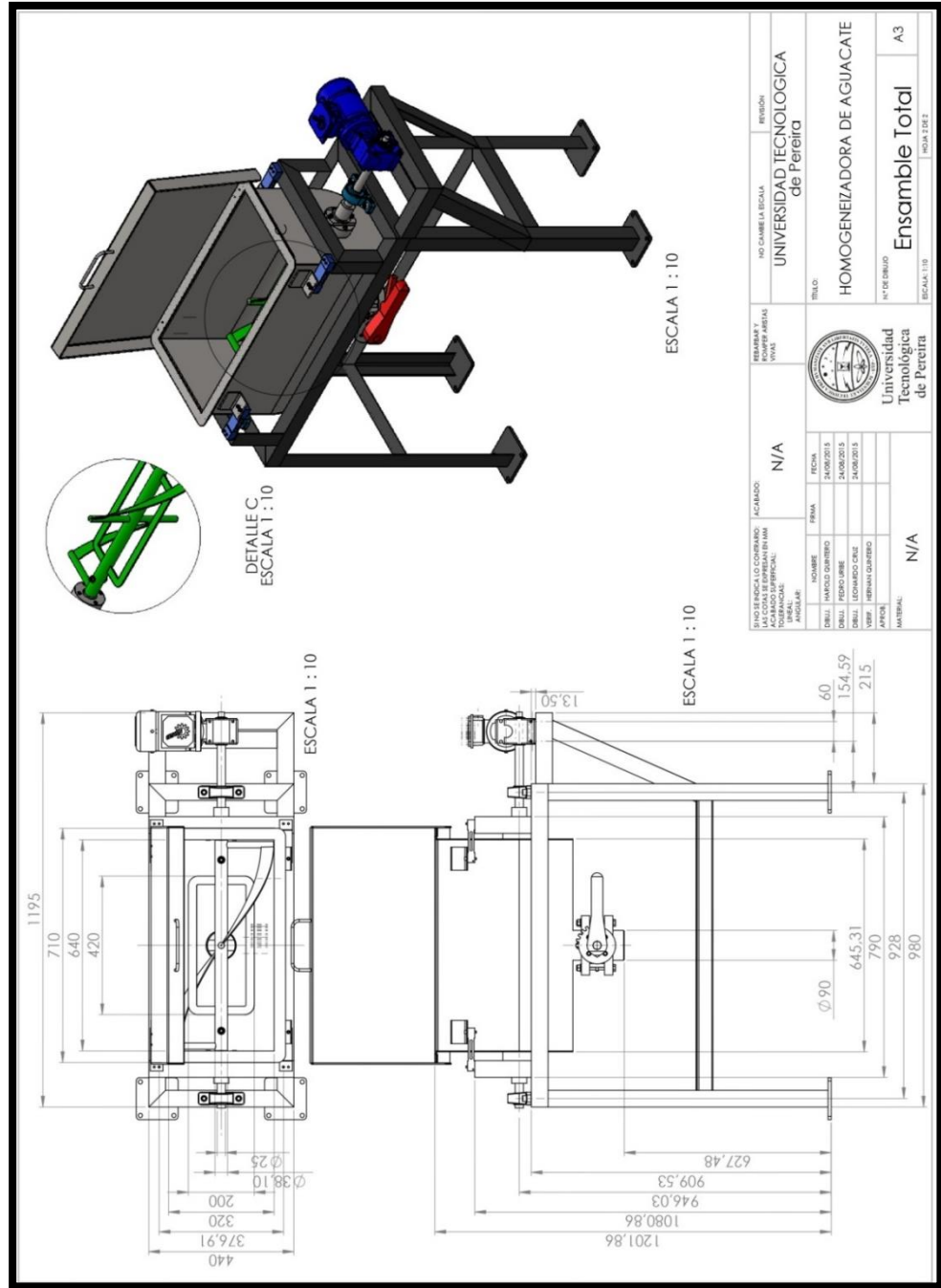


Ilustración 27. Ensamble total.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Fuente. Autores.

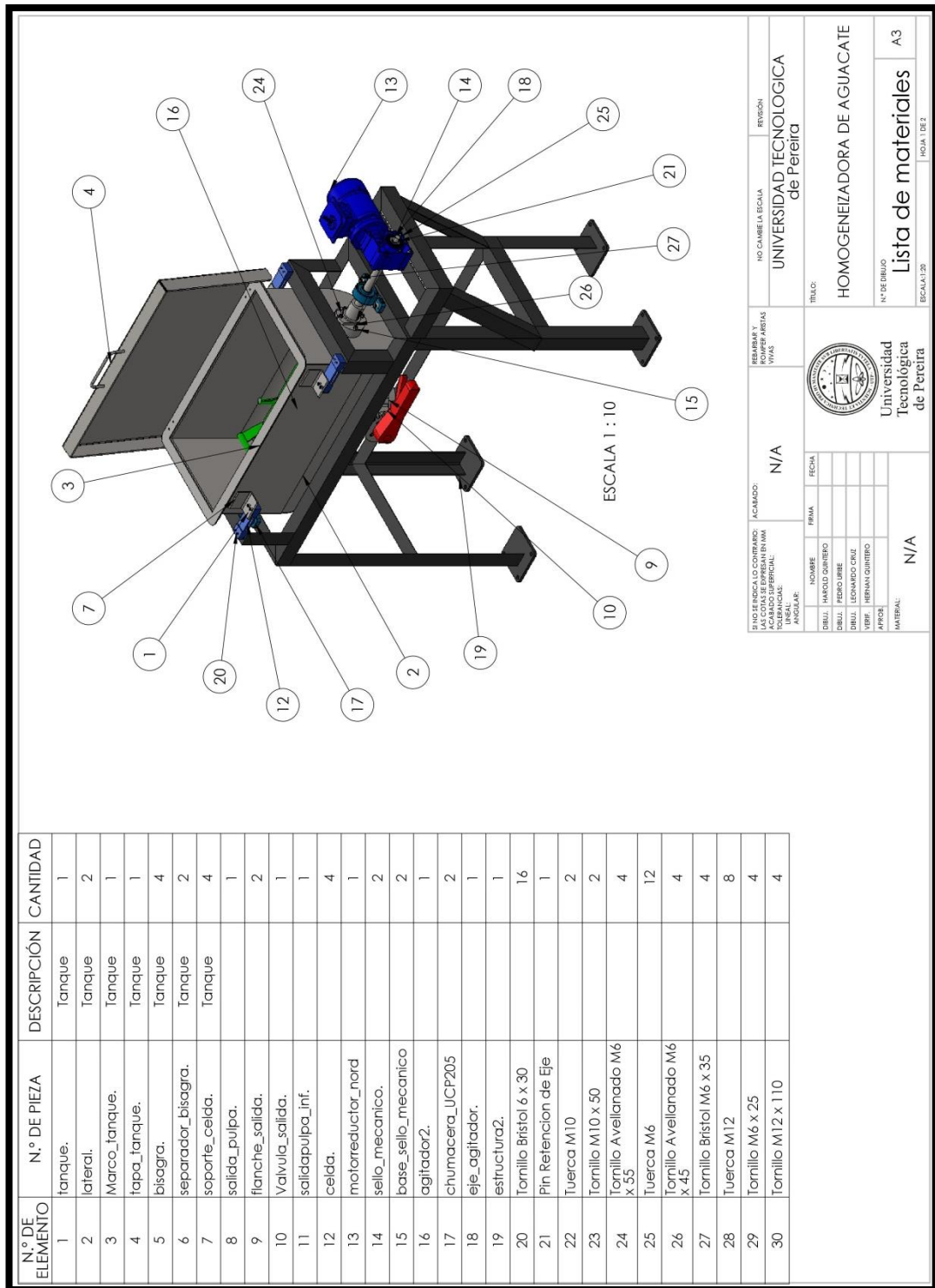


Ilustración 28. Listado de piezas del equipo.<sup>37</sup>

<sup>37</sup> Fuente. Autores.

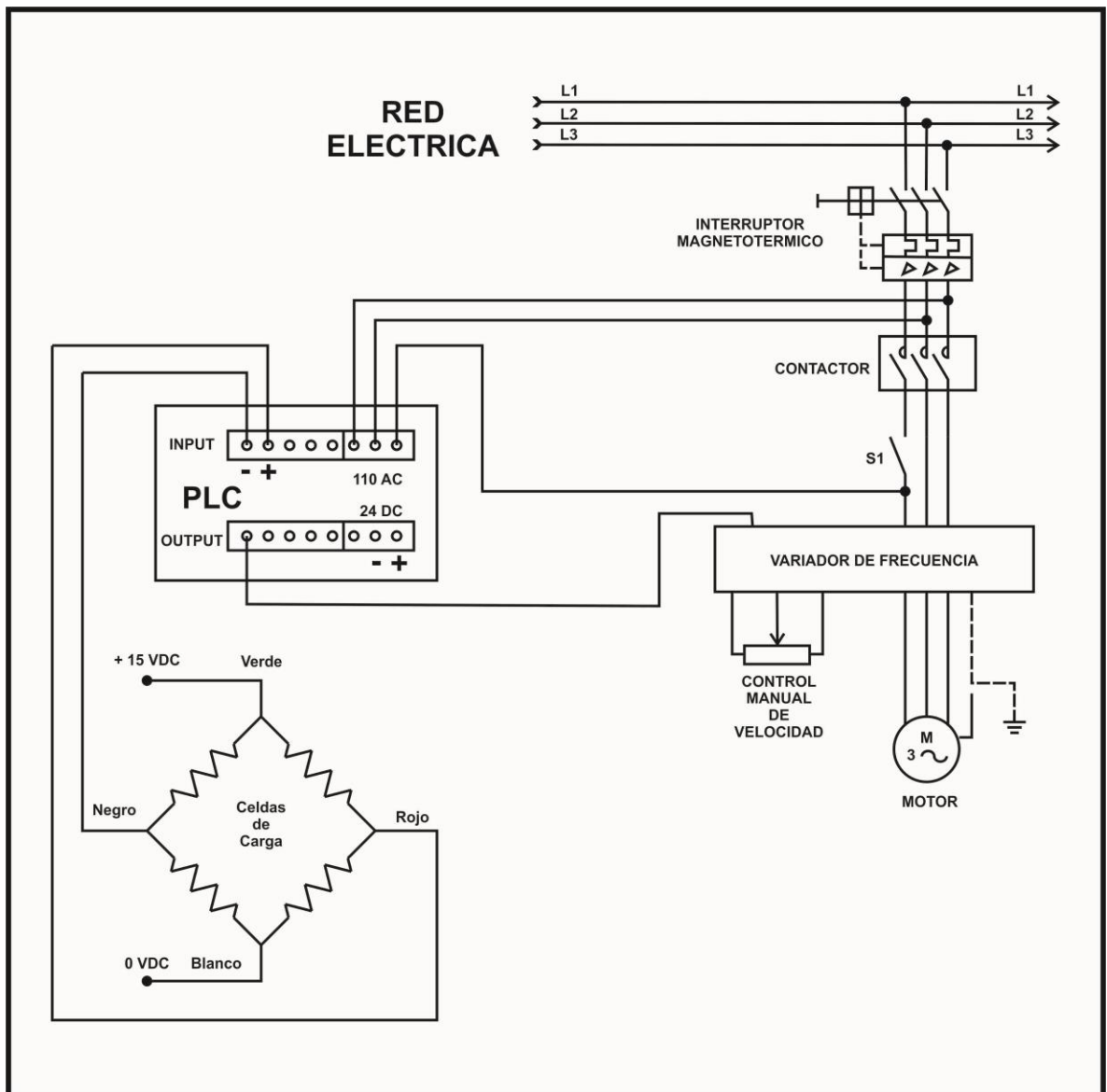


Ilustración 29. Diagrama eléctrico de la máquina.<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Fuente. Autores.

### 13. BIBLIOGRAFIA

1. Bermeo, H, Saavedra, C y Sandoval, A. (2010). Prospectiva para la innovacion en la agro cadena del aguacate en el Tolima. Colombia. Universidad de Ibagué. (pág. 9).
2. Botero, H. (2012). *Aguacate en Fresno*, [en línea], consulta [24 de marzo de 2014].  
Disponible en:  
[http://www.karisma.org.co/publico\\_hbotero/PLANTAPROCESOSAGUACAT Eversion0412.pdf](http://www.karisma.org.co/publico_hbotero/PLANTAPROCESOSAGUACAT Eversion0412.pdf)
3. Combariza, J. (2013). Perfil nacional de consumo de frutas y verduras. Colombia. DaVinci Publicidad y Medios, Bogotá D.C.
4. Muñoz, E y Navarrete, H. (2010). Convenio Sena-Asohofrucol de BPA, Veintisiete proyectos, los favorecidos. *Frutas & Hortalizas*, # 9. P (37 – 38).
5. Muñoz, E y Navarrete, H. (2010). El mercado de Asia y Europa: Cosas que deben saber los hortofruticultores colombianos. *Frutas & Hortalizas*, # 13. P (16 – 18).
6. Olaeta, J. (2005). *Boletín del aguacatero*, # 39, [en línea], consulta [02 de marzo de 2014].  
Disponible en: <http://www.aproam.com/boletines/a39.htm>
7. Olaeta, J. (2003). Industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras. Chile. Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
8. Olaeta, J. (2003). *avocadosource.com*. Acta V congreso mundial del aguacate, [en línea], consulta [24 de marzo de 2014]. Disponible en:  
[http://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5\\_p749.pdf](http://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p749.pdf)

9. Sandoval, A, Forero, F y García, J. (2010). Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural Innovadora. Colombia. Corpoica. (pág. 63).
10. Tafur, R, Toro, J y Negrette, R. (2006). Plan Frutícola Nacional, Desarrollo de la fruticultura en Risaralda. Colombia. Impresora Feriva S.A.
11. MADRIGAL, Xiomara. Modelar y simular la liofilización del aguacate hass. Morelia. Tesis para posgrado de la facultad de ingeniería química, Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo, 2008, p. 47.
12. Processing Fruits: Science and Technology, Se... (Hardcover) by Diane M. Barrett, Laszlo Somogyi Hardcover, pág. 746.
13. Bachiller, E. 'Conceptos básicos de agitación', [en línea], consulta [15 de abril de 2015]. disponible en:  
[http://euromix.com.mx/pdf/files/conceptos\\_basicos.pdf](http://euromix.com.mx/pdf/files/conceptos_basicos.pdf)
14. Yaskawa Europe GmbH: Variador CA J1000 compacta de control de v/f (mayo de 2010).
15. Intelligent drivesystems, worlwidesevices: Reductores de sin fin serie universal