 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


# **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTEO Y REGISTRO AUTOMÁTICO EN BASES DE DATOS DE LOTES DE AGUACATE SEGÚN SU CALIBRE**

Santiago Méndez Aristizábal

Ingeniería Mecatrónica

Carlos Alberto Acevedo Alvarez, IM.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS INGENIERÍA  
MECATRÓNICA MEDELLÍN-COLOMBIA  
JULIO DE 2017**


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RESUMEN

---

El objetivo de este informe de prácticas es la implementación de un sistema capaz de realizar el conteo de lotes de aguacate Hass automáticamente para la empresa exportadora Cartama, discriminando cada uno por el calibre del aguacate y el cultivo del cual proviene dicha fruta; además almacenar dicha información en una base de datos, en SQL Server, para la integración de esta al actual sistema, conocido como Avosys. Estos lotes llevan un adhesivo con información relevante para el proyecto, los cuales son: calibre del aguacate, peso del lote e id de remisión del proceso; estos adhesivos son pegados en los lotes manualmente por personal de la planta y posteriormente contados por los mismos. Se busca automatizar el proceso del conteo para evitar errores humanos.


**Palabras clave:** Calibre, Hass, Base de datos, SQL Server, Avosys, Python, id de remisión, Azure, cultivo, omnidireccional, ODBC driver.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RECONOCIMIENTOS

---

Quisiera agradecer inmensamente el apoyo incondicional de mis padres, los cuales tuvieron un acompañamiento constante y objetivo durante mi estudio. A mi familia por su interés en mi estudio y crecimiento personal, a mi asesor de trabajo de grado por el apoyo brindado y el tiempo invertido, a Felipe Ruiz y Jonatan Moreno quienes se interesaron por ayudarme a terminar este trabajo, a Marena Marulanda por estar siempre conmigo, dándome apoyo, cariño y excelentes consejos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# ACRÓNIMOS

---

API: Interfaz de programación de aplicaciones.

CSV: Valores separados por comas (Comma-Separated Values).

*DB: Base de datos.*


ID: identificador único de registro.

ODBC: Conectividad abierta con base de datos (Open DataBase Connectivity).

RGB: Rojo, Verde y Azul (Red, Green and Blue).

SQL: Lenguaje de Consulta Estructurada (Structured Query Language).


Tbl: Tabla en base de datos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# TABLA DE CONTENIDO

---


1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. OBJETIVOS.....	7
1.1.1. General.....	7
1.1.2. Específicos.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Códigos de barras.....	9
2.2. Bases de datos.....	11
2.3. Python.....	12
2.3.1. Pyodbc.....	13
2.3.2. OpenVC.....	13
2.4. Visión Artificial.....	13
2.4.1. Visión.....	15
2.4.2. Luz.....	16
2.4.3. Espacios de Color.....	17
2.4.4. Captación de Imágenes.....	20
3. METODOLOGÍA.....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
REFERENCIAS.....	35

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# Índice de Figuras

---

Figura 1. Código de Barras EAN 13. ....	10
Figura 2. Pasos de un Sistema de Visión Computacional. ....	15
Figura 3. Estructura del ojo humano. ....	16
Figura 4. Espectro Electromagnético. ....	17
Figura 5. Espacios de Color, RGB y HSV. Referencia de: Detección y reconocimiento de objetos para aplicaciones en robots móviles empleando técnicas de visión computacional.....	17
Figura 6. Espacio RGB. ....	18
Figura 7. Espacio HSV. ....	19
Figura 8. Adhesivo de Lotes. ....	22
Figura 9. Diagrama Lenguaje Interpretado. . ....	24
Figura 10. Instalación Dispositivo de Lectura. ....	26
Figura 11. Posibles Ubicaciones. . ....	28
Figura 12. Costos Visión por Computador. ....	29
Figura 13. Costos Lectores de Códigos de Barras.....	29
Figura 14. Proceso de Comprobación. ....	30

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# 1. INTRODUCCIÓN

---

Para automatizar el conteo de lotes de aguacates en una planta productora y exportadora, se requiere de un sistema capaz de detectar y reconocer información impresa en adhesivos. La empresa recibe el aguacate de gran cantidad haciendas cercanas a Pereira, lugar donde se encuentra su fábrica principal. Éstos llegan en grandes camiones, cada lote ingresado pasa a una banda transportadora que primero hace un proceso de lavado a la fruta. Seguido de una selección dependiendo de su tamaño, lo cual ya es hecho automáticamente; ésta envía los aguacates ya separados a unos puestos de trabajo, donde manualmente, son empacados en lotes por operarios y posteriormente marcados con un adhesivo que contiene impresa información del productor como: fecha de llegada, calibre del aguacate, registro ICA del productor, entre otras. Al final del proceso se encuentra un operario destinado sólo al conteo de lotes, esta persona debe anotar cuantos lotes salen por cada calibre al día. El error de esta persona genera inconsistencias en el despacho de los lotes de aguacate, los cuales son distribuidos por medio de contenedores.


## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. General

Implementar un sistema para el conteo y registro automático, en bases de datos, de lotes de aguacates separados según su calibre y cultivo.


### 1.1.2. Específicos

- Realizar un análisis del modo de procesamiento actual, buscando determinar las fallas del proceso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Analizar y seleccionar los equipos y lenguajes de programación adecuados para asegurar una correcta respuesta de la solución implementada.
- Implementar el montaje y descripción del funcionamiento del sistema de conteo automático de la planta de producción de aguacates Cartama.
- Verificar la efectividad del sistema para garantizar el correcto conteo de todos los lotes de aguacate producidos.



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


## 2. MARCO TEÓRICO

En esta sección son presentados los conceptos básicos necesarios para comprender el desarrollo de un sistema que realiza el conteo y registro de lotes de aguacates diferenciados según su calibre. Para esta explicación se realiza inicialmente un acercamiento a la captura automática de información mediante tecnologías de identificación (lectura de códigos de barras). Se presentan algunos tipos de códigos y el estándar EAN 13 aplicado en este desarrollo; continuando con el trabajo se estudia el funcionamiento de las bases de datos y su importancia para la clasificación y análisis de los datos adquiridos, y finalmente se menciona el lenguaje de programación Python y las ventajas que ofrece al momento de implementar un sistema de reconocimiento y registro.

### 2.1. Códigos de barras

En la actualidad, con las necesidades establecidas por un mercado y una industria globalizados, con una producción continua y en masa como pilares fundamentales, se hace necesario el uso de equipos con una gran confiabilidad y exactitud para garantizar el correcto funcionamiento de los procesos. Para ello aparece el sistema de reconocimiento mediante códigos de barras, como un sistema con gran versatilidad, capaz de verificar y obtener información desde un rotulo ubicado en un sector reducido del producto, el cual entrega información en tiempo real, fácilmente diferenciable y que no implica grandes cambios para su adaptación en los procesos industriales.

Los códigos de barras están compuestos por un número determinado de barras separadas entre sí y que contienen datos dependiendo de algunas reglas que los definen, como son: Posición, tamaño, ancho, entre otros. Dependiendo de la aplicación y del sistema de adquisición se pueden encontrar diferentes tipos de códigos que varían desde su número de caracteres, la forma de las líneas y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

dimensiones; para este trabajo se utilizaron códigos de barras unidimensionales, los cuales al realizar la lectura verifican el ancho de las barras, los espacios entre cada una de estas barras tiene información relevante de la altura que poseen las barras. Este tipo de código realmente no posee ninguna información almacenada, sino que contiene un código único de validación que permite el acceso a la información que está almacenada en una base de datos previamente establecida. (Castelló, 2005, págs. 10-11).

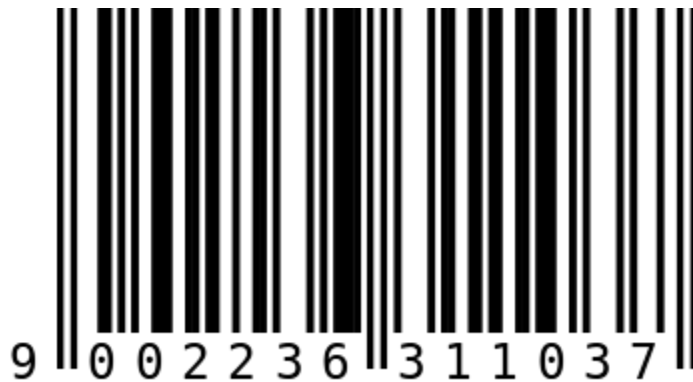



Figura 1. Código de Barras EAN 13. Tomado de: <https://github.com/joushx/jQuery.EAN13>

En la actualidad existen diferentes estándares que determinan las características de los códigos, y que son utilizados según las necesidades de los usuarios, algunos ejemplos son: EAN13, EAN18, EAN128, CODE128, entre otros. Para el desarrollo de este proyecto el estándar seleccionado fue el EAN13 que posee las siguientes características:

Este tipo de código posee un total de 13 números, que pueden estar entre el 0 y el 9, los cuales guardan información tanto del fabricante, el país de comercialización, el código de selección del producto y un último dígito el cual se usa para la verificación de una lectura correcta del código, mediante la ejecución de una operación matemática con los valores establecidos en el código y una comparación con este último dígito; para la representación de los números


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

en el código de barras se emplean primero tres separadores que poseen una mayor longitud que el resto de las barras, uno está ubicado al inicio, otro en el medio y el tercero al final, estos separadores dividen el código en dos sectores, cada uno de seis dígitos, con excepción del primer dígito ubicado al inicio del código; Esta separación se realiza con el fin de utilizar en la primera sección unas combinaciones numéricas específicas y en la segunda sección otras combinaciones, lo que permite la lectura del código sin importar su orientación. Finalmente, para la escritura de cada uno de los valores en el código son utilizados dos barras y dos espacios que pueden variar su anchor para representar cualquiera de los valores. (Castelló, 2005, págs. 57-59).

## 2.2. Bases de datos

En su escrito en la revista *Perfiles educativos* Ma. Del Carmen Gil define las bases de datos como “archivo de datos interrelacionados, recolectados, que satisfacen las necesidades de información de una comunidad determinada de usuarios. Cada unidad de información almacenada en una base de datos está compuesta por datos elementales, cada uno de los cuales representa características particulares de la entidad que se describe.” (Gil, 1994, pág. 4).

En la actualidad el uso de las bases de datos se ha expandido hasta hacer parte de gran cantidad de aplicaciones y procesos. Debido a la intensificación del volumen de información y la importante necesidad de poseerla a la hora de evaluar los resultados de cualquier aplicación o proceso realizado, aparece como requerimiento importante una forma clara, ágil y fácil de organizar y revisar la información, y es allí donde aparecen las bases de datos como herramienta fundamental.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En general las empresas se han dado cuenta de los grandes beneficios que entrega la implementación de las bases de datos siendo clara muestra de esto, el tiempo que sería necesario invertir en la interpretación y organización de la información, y que se traduce en una base sólida para la toma de decisiones al tener un conocimiento claro del estado de la empresa. (Tello, 2003, págs. 80-81).


Para obtener todas las ventajas mencionadas anteriormente es necesario un sistema capaz de recibir y organizar toda la información de una manera clara y concisa. Para ello en la actualidad existen diferentes herramientas que cumplen dicha función, en este trabajo la herramienta utilizada es el lenguaje SQL, con el programa SQL Server Management Studio.

El lenguaje SQL es el lenguaje estándar para la definición, y manipulación de bases de datos relacionales. Es un lenguaje declarativo y solo es necesario decir que se quiere hacer, pasando a un segundo plano el cómo se hace, Lo que lo hace un lenguaje bastante amigable e intuitivo y por medio del cual se puede acceder a todos los sistemas relacionales comerciales. (Escofet, 2005, pág. 113)

### 2.3. Python

Es un lenguaje de programación interpretado de software libre, utilizado en aplicaciones científicas y de investigación, desarrollo web, desarrollo de software, entre otras. Este lenguaje cuenta con facilidades para la programación orientada a objetos imperativa y funcional, por lo que se considera como un lenguaje multi-paradigma. (Challenger, Diaz, & Becerra, 2014, pág. 2)

Su filosofía hace hincapié al desarrollo con un código legible y limpio, conocido como pensamiento “pythonico”. Debido a esto el programador no debe preocuparse con operaciones de bajo nivel como tipos de variable, tamaño de la misma o el manejo de la memoria.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Este lenguaje está constituido por módulos, los cuales pueden hacer ser nativos de Python o haber sido desarrollados por terceros. Los usados en este trabajo son:

#### 2.3.1. Pyodbc

Es un módulo de software libre desarrollado por terceros, que hace el ingreso a las bases de datos mucho más simple. Mediante el uso de drivers instalados en el equipo en el cual el programa está corriendo, es capaz de crear, modificar y eliminar datos, tablas y bases de datos.


#### 2.3.2. OpenVC

Open Source Vision Computer Library o librería de visión por computador de software libre, es un módulo desarrollado por terceros, el cual posee funcionalidades que permiten el pre-procesamiento, procesamiento y utilización de sistemas inteligentes en las aplicaciones necesarias. Fue desarrollada en C/C++ optimizado, para tener un excelente desempeño en tiempo real, además de permitir el procesado multi-procesador (OpenCV Team, 2017).

### 2.4. Visión Artificial

Su objetivo es extraer información relevante de las imágenes para poder ser descrita e interpretada por la computadora (Sucar & Gomez, 2002, pág. 1).

“Actualmente, las aplicaciones de la visión artificial están muy extendidas y van desde el campo de la industria (contar botellas, comprobar defectos en una cadena de montaje, interpretar un TAC médico...) y el campo de la medicina (recuento y búsqueda de células), hasta los sistemas más complejos, que permiten a los robots orientarse en un entorno desconocido, pasando por el reconocimiento de patrones de la realidad aumentada, entre otras muchas aplicaciones” (Maduell, 2012, pág. 5).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Similar a lo mencionado en el sistema de visión humano, la visión computacional cuenta con características similares que simulan el ojo humano. En la cual los niveles de intensidad que censan los conos y bastones son llamados píxeles, estos representan el nivel de intensidad de los diferentes modelos en los espacios de color, con los cuales se podrán hacer operaciones estadísticas, geométricas, aritméticas, entre otras, para el mejoramiento y caracterización de la imagen. Para este procesamiento, las librerías como OpenCV brindan la facilidad de recorrer la imagen píxel por píxel, abstrayendo la idea de una imagen a una matriz de  $N \times M$  píxeles, de esta forma poder hacer algoritmos para la comparación de niveles de intensidad de cada uno. Al tener que recorrer una imagen, elemento por elemento, se necesitará de un poder de procesamiento alto. Suponiendo una imagen HD, la cual tiene  $1920 \times 1080$  píxeles (2 Megapíxeles), quiere decir que el algoritmo deberá recorrer 2.073.600 elementos en la imagen, además de hacer los cálculos correspondientes, los cuales tomarán tiempo de procesamiento dependiendo de su complejidad. Esto para una imagen la cual está en escala de grises, para una imagen representada en un espacio de color como el RGB, los elementos que se deberán recorrer corresponderá a 6.220.800.

Inicialmente el sistema debe de adquirir una imagen, la cual estará en un espacio de color previamente determinado o se hará a conversión respectiva. En este proceso influye la forma de adquisición de la imagen, dependiendo del sensor se obtendrá una imagen que necesitará un pre-procesamiento para su mejoramiento. Seguido de esto, habrá una etapa de mejoramiento o restauración de la imagen, donde dicho elemento es pre-procesado para que la información contenida en éste no lleve a conclusiones erróneas. Más adelante, la etapa de segmentación ayuda a separar los objetos que son de interés del resto de la imagen, para este proceso existen muchos tipos de métodos, los cuales deben ser escogidos dependiendo de la aplicación a la que se apunta, entre estos métodos están detección de bordes, método de Otsu, binarización por umbral, entre otros. El algoritmo continúa con la extracción de características, proceso en el cual se extraen las características el objeto segmentado, que deberán ser previamente

definidas por el programador. Por último, el reconocimiento, clasificación e interpretación del objeto es el resultado de esta metodología, punto en el cual el sistema será capaz de reconocer el objeto a analizar, en este caso los números del 0 al 9.




Figura 2. Pasos de un Sistema de Visión Computacional. Fuente: Propia.

#### 2.4.1. Visión

“Según Aristóteles, Visión es saber que hay y dónde mediante la vista, lo cual es esencialmente válido” (Sucar & Gomez, 2002). Es la ventana de todos los organismos al mundo, esta permite detectar colores, formas, tamaños, profundidades, entre otros. De tal forma dar una referencia del mundo al ser vivo de sus características, ayudando a este a localizarse en el espacio, a sus presas y depredadores.

“El ojo humano es un sistema óptico positivo o convergente que forma una imagen invertida del mundo externo sobre la capa sensible de la retina, situada al fondo del globo ocular” (Puell, 2006, pág. 10). Este sistema está compuesto por conos y bastones, los cuales son los encargados de detectar los niveles de

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

color e intensidad de luminiscencia. Dicha imagen invertida es procesada por el cerebro, de tal forma interpretarla y obtener características que describen el ambiente del individuo.

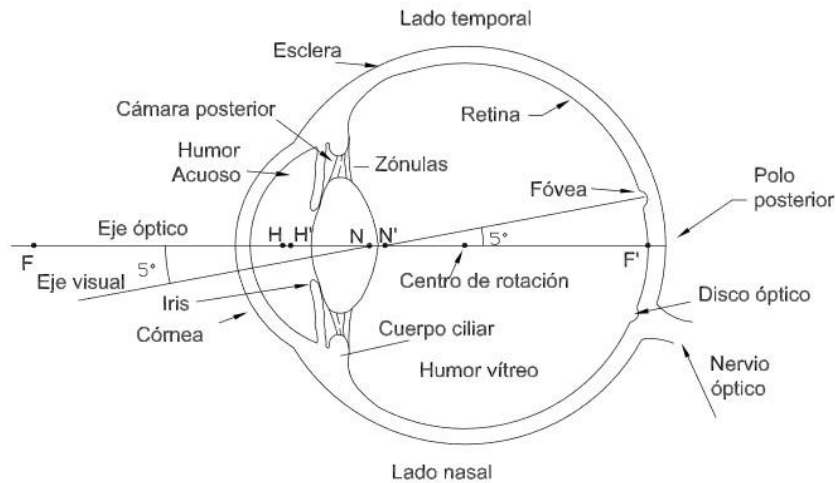


Figura 3. Estructura del ojo humano. Tomado de: *Óptica Fisiológica: El sistema óptico del ojo y la visión binocular*. Pág. 11.

#### 2.4.2. Luz

“La luz es una forma de radiación electromagnética, llamada energía radiante, capaz de excitar la retina del ojo humano y producir, en consecuencia, una sensación visual” (Erlin, 2006, pág. 1). Dicho espectro electromagnético está dividido en diferentes rangos de longitud de onda, los cuales dependiendo de esta pueden ser ondas de radio, microondas, infrarrojos, luz visible, ultravioleta, rayos x, gamma y cósmicos. El ojo humano es capaz de detectar, en todo este espectro, sólo la luz visible, de allí su nombre, debido a esto en este trabajo se centrará en este rango.

El color de un objeto es perceptible, gracias a que éste interactúa con la radiación visible producida por diferentes fuentes, llevando a su absorción o repulsión lo que permite estimular el órgano de la visión (Erlin, 2006, pág. 1).



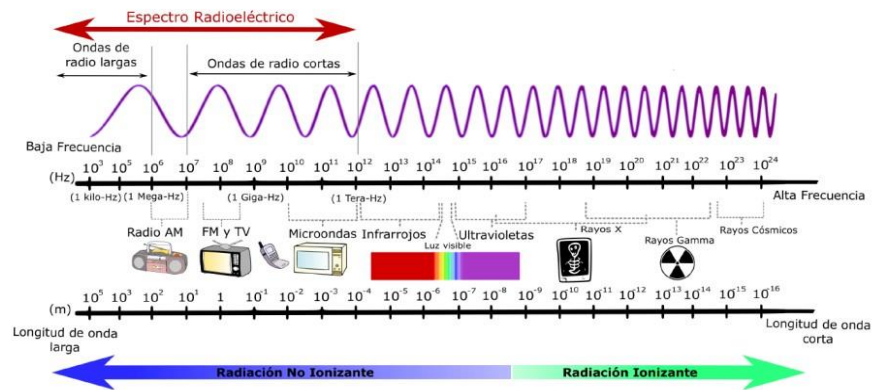


Figura 4. Espectro Electromagnético. Tomado de: <https://asunqalera.wordpress.com/2016/09/25/espectro-electromagnetico/>

### 2.4.3. Espacios de Color

El uso del color para el procesamiento de imágenes está sustentado por un factor específico propio de este y difícil de encontrar por otros medios, ya que es un poderoso descriptor y en muchos casos ayuda a la simplificación de la identificación y extracción de objetos en una escena

Este está definido como un rango de colores establecido en diferentes canales y mediante la combinación de estos se pueden recrear los colores, se representan normalmente por componentes de color definidas por números.

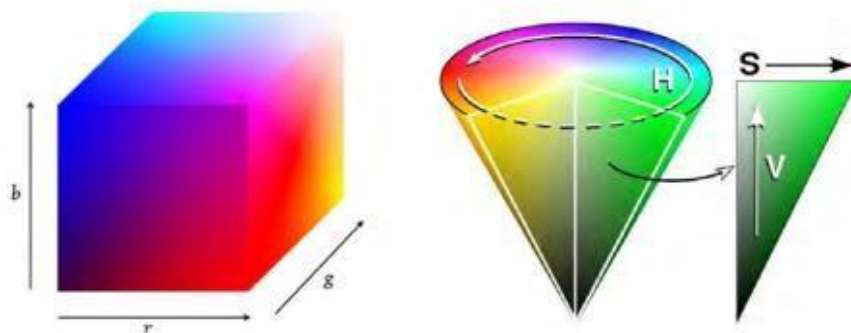



Figura 5. Espacios de Color, RGB y HSV. Referencia de: *Detección y reconocimiento de objetos para aplicaciones en robots móviles empleando técnicas de visión computacional.*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Al momento de elegir un espacio de color, este tiene una influencia significativa en la extracción de características de una imagen (Contreras, 2011) por ejemplo si se elige una escena con variantes en la intensidad de luz y cambios de textura el espacio RGB no brindaría una buena segmentación impidiendo la correcta extracción de características ya que este espacio no contempla en su composición la intensidad de luz, siendo una mejor elección para ese caso el espacio HSV.

#### Espacio RGB

En este espacio cada color se representa por sus componentes espectrales primarias (rojo, verde y azul). Este se basa en el sistema de coordenadas cartesianas como se muestra en la figura 6

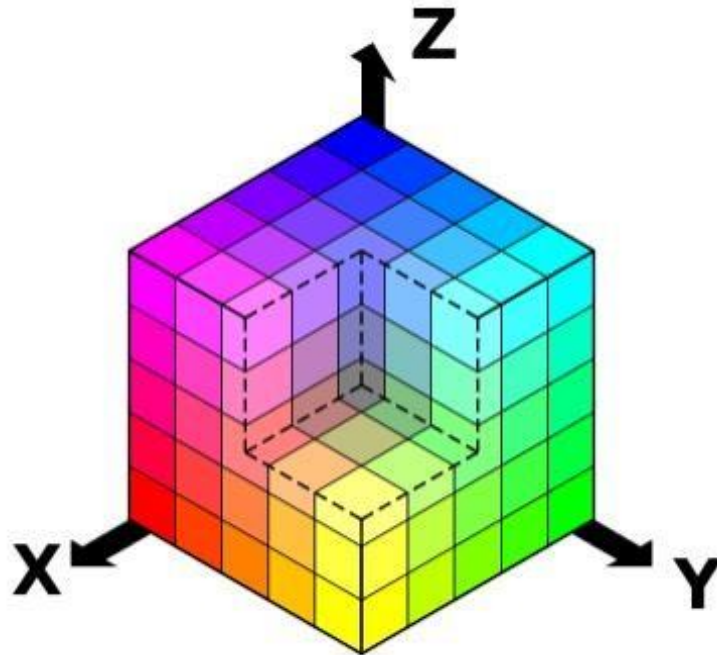



Figura 6. Espacio RGB. Tomado de: <http://artisticomiranda.blogspot.com.co/2013/11/modelo-rgb.html>

En el cual el color negro se sitúa en el origen y el blanco se sitúa en el vértice más alejado del origen, en este la escala de grises se extiende desde el vértice del color negro y el blanco a lo largo de la diagonal que une esos dos puntos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### Espacio HSV

Este espacio de color fue creado por Alvy Ray Smith en 1978, es derivado del modelo RGB por medio de un modelo no lineal en coordenadas cilíndricas (Báez, 2007, pág. 74) donde cada color está definido por:

**Matiz:** Ángulo entre 0 y 360 grados que representa el matiz

**Saturación:** este valor se representa con valores entre 0 y 1 siendo 0 ninguna saturación (Blanco) y 1 la máxima saturación por lo general trabajado en porcentajes de 0% a 100%.

**Brillo:** este valor define el brillo con valores entre 0 y 1, donde 0 representa el negro o mínimo brillo posible y el 1 representa el blanco al igual que la saturación se maneja en porcentajes de 0% a 100 %.

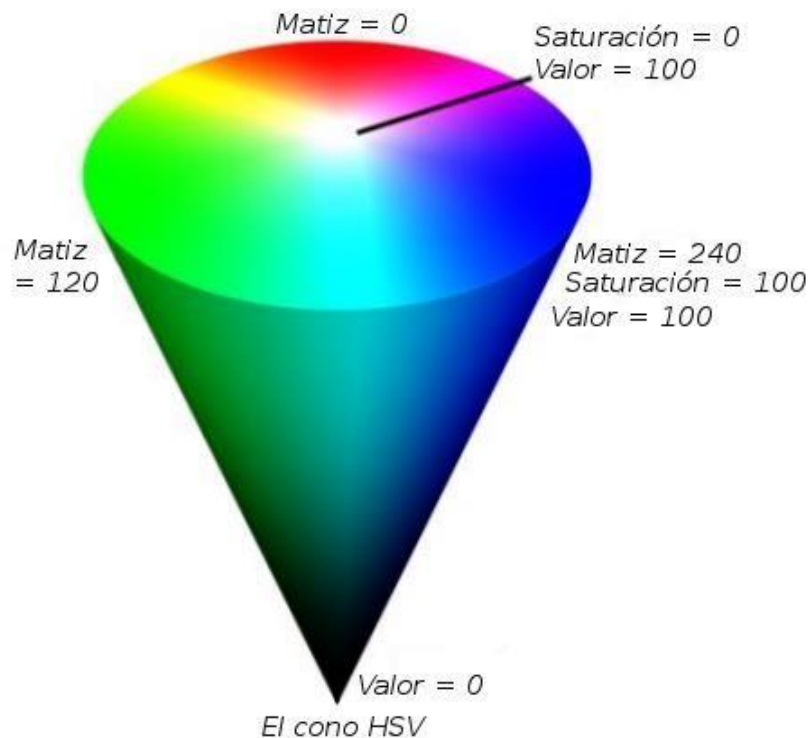



Figura 7. Espacio HSV. Tomado de: <https://migsar.files.wordpress.com/2012/04/conohsv.png>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


#### 2.4.4. Captación de Imágenes

“Una imagen digital es producida por sensores digitales presentes en cámaras y otros dispositivos digitales que generan una imagen bidimensional (2D), es decir, un conjunto de  $N \times M$  píxeles de colores o intensidades en un cierto valor que representan el espacio que queremos analizar” (Maduell, 2012, pág. 17). De esta manera captar los niveles de RGB del ambiente y con esto lograr representar, como lo hace el sistema de visión humano, el entorno en el que se encuentra el dispositivo

Es fundamental que la representación tomada por medio de estos dispositivos posea unas condiciones que permitan diferenciar las características representativas de la imagen, ya que esto constituye la base de cualquier trabajo que se realiza por medio de visión artificial. Para garantizar que la imagen posea dichas condiciones se deben aplicar una serie de condiciones:

**Sistema de iluminación:** uno de los puntos más importantes a la hora de realizar un proyecto con visión artificial es poseer un sistema de iluminación que garantice un entorno de trabajo lo más estable posible, debido a que un cambio pequeño en la iluminación puede generar la adquisición de unas características totalmente diferentes y el fracaso del proyecto. (Maduell, 2012, pág. 12)

**Selección de equipos:** En cualquier sistema de visión artificial gran parte del porcentaje de éxito del proyecto se encuentra en la selección de dispositivos que sean capaces de responder ante las condiciones que requiere el sistema y que se adapten al entorno en el que tienen que realizar sus funciones.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 3.METODOLOGÍA


---

En la primera etapa se realizó una visita a la planta de producción de aguacates, ubicada en Pereira. Durante tres días, se evaluó el proceso de forma rigurosa, desde el ingreso de la fruta, hasta la última etapa del proceso, su exportación.

En la primera etapa del proceso, el aguacate llegaba en camiones que traían la fruta de diferentes municipios del país, los cuales eran atendidos en orden de llegada. La fruta se descargaba y pesaba en canastillas, posteriormente era acumulada y marcada en tolvas con el nombre del cultivo, de forma paralela, el personal encargado ingresaba estas canastas de aguacate a una máquina, la cual desempacaba, lavaba, pesaba, separaba por su respectivo calibre y distribuía la fruta a unos puestos de trabajo, donde eran empacados en lotes previamente marcados con un adhesivo. Seguido de esto, los lotes eran enviados por dos bandas transportadoras paralelas, para su respectivo conteo manual. Luego, se acumulaban en estibas que constaban de 204 lotes. Una vez estas llegaban a su capacidad máxima, eran selladas y llevadas a cuartos fríos, los cuales deben tener una temperatura regulada de 5°C, los cuales permiten la correcta conservación de la fruta. Al final, estas estibas se llevaban en contenedores, los cuales se dirigían a puertos marítimos para su exportación.

Durante el proceso de conteo, se destinaban de 5 a 10 minutos, con la máquina detenida, para dicha actividad. Se detectó que esta etapa era ineficiente, por tener una persona destinada a contar cuantos lotes de aguacate de cada calibre eran producidos, además porque el proceso se paraba durante esta actividad.

Haciendo énfasis en el proceso, se detectó que los lotes de aguacate llevaban consigo un adhesivo con información relevante de dicha fruta, la cual es un requisito para la

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


exportación de productos alimenticios. Durante el análisis en la planta, se definieron puntos clave donde se podían ubicar elementos de lectura automática y se determinaron las características que deberían poseer estos dispositivos.

<b>AVOCADOS HASS CAT 1</b>	
<b>GROWER REG. ICA</b>	<b>0001</b>
<b>IMPORTER</b> MACK The Fresh Produce Centre - Transfesa Road - Paddock Wood Kent-TN126UT	
<b>EXPORTER</b> AVOFRUIT SAS km 11 via Cerritos-Pereira. Bod 5 CLEC Pereira, Risaralda, Colombia. Tel: +573217905222	
<b>TECHNICAL ASSISTANT</b> JUAN RAFAEL GERALDO T.P. 05121-025970 ANT	<b>SIZE      16</b>
<b>EXPORTER REG. ICA</b>	<b>N° 660010625</b>
<b>PACKING DATE</b>	<b>9/05/2017</b>

Figura 8. Adhesivo de Lotes. Fuente: Propia

Más adelante, se propusieron dos alternativas para la problemática detectada. La primera, se basaba en visión artificial y sistemas inteligentes, tenía la capacidad de detectar el número, impreso en el adhesivo, del calibre del aguacate y contar basado en éste. Para la correcta detección de la posición del número, se propuso confinar éste en un recuadro con líneas gruesas, y mediante algoritmos de pre procesamiento de visión artificial, realizar una segmentación para obtener una imagen de 25 pixeles de ancho por 16 pixeles de alto, cuya información es únicamente el número del calibre. Además, se tomó como característica el nivel de intensidad de cada pixel de la imagen y se entrenó una red neuronal de forma supervisada, de modo que fuese capaz de clasificar números del 0 al 9.


La segunda, constaba de la lectura de códigos de barras añadidos al diseño del adhesivo y que por medio de lectores omnidireccionales se obtenía los datos contenidos en éste; el adhesivo tenía 7 cm de alto y 10 cm de ancho, por lo que el espacio de impresión era reducido y los lectores debían ser capaces de reconocer el código de barras a una

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

distancia de 18 cm, además de hacerlo en diferentes posiciones, por el movimiento del lote en las bandas transportadoras, además la longitud total de la información que era necesario registrar era de 10 caracteres, los primeros 2 hacían referencia al ID de la planta de producción, los siguientes 4 mencionaban un código único del sistema llamado ID remisión, el cual es un número único que dará información de quien, cuando, cuanto y como se entregó la fruta; los dígitos 7 y 8 contendrían información del calibre del lote leído, este valor debe estar entre 12 y 22 aumentando de 2 en 2. Por último, los 2 dígitos finales significarían el peso del lote en el que va empacado el aguacate. Los cuales en total tenían una longitud total de 12 caracteres.

Las necesidades del proyecto que implica códigos de barras demuestran la necesidad de tener una longitud mínima de 12 caracteres. Incluyendo el reducido espacio, por las dimensiones del adhesivo, las opciones llevan a buscar un estándar de código de barras compacto. De acuerdo a estas necesidades, se seleccionó la opción de códigos de barras implementando el estándar EAN13, debido a que poseía un total de 12 caracteres disponibles, además de ser un estándar compacto, lo que permitía la correcta lectura en el espacio reducido del adhesivo; al estar instaladas dos bandas transportadoras, separadas por 10 cm de espacio vacío, era necesario ubicar dos lectores a cada lado, por ello el programa debía ser capaz de identificar dos señales y procesarlas de forma rápida.

Para suplir las necesidades de programación de ambos proyectos es necesario el uso de librerías o módulos con los cuales se pueda manipular imágenes, entradas de teclado y bases de datos. La librería OpenCV permite el manejo de operaciones complejas con imágenes como procesamiento de video, transformaciones geométricas, operaciones aritméticas, filtros, reducción de ruido, entre otras. Dicha librería es soportada por 3 lenguajes de programación, Python, C++ y Java. El primero, a comparación de los demás, es un lenguaje interpretado, sus características le permiten manejar la memoria de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

forma dinámica, por lo que las declaraciones de variables o asignaciones de las mismas no existen. Los lenguajes interpretados brindan mayor flexibilidad en el desarrollo debido a las características anteriormente descritas, lo que se traduce en menores tiempos de desarrollo y un código más legible y limpio, además de brindar la capacidad de uso multiplataforma (Costa, 2014). También, es necesario el uso de librerías o APIs capaces de obtener la información que es transmitida por un dispositivo mediante entradas de teclado, la facilidad de implementación entre cada uno de estos lenguajes deja claro que Python, por su flexibilidad y dinamismo, es el más indicado. El soporte de estos lenguajes es vasto, ya que son mundialmente aceptados y utilizados en tareas diferentes, pero la facilidad de implementación difiere, C++ y Java, requieren de mayor tiempo para el desarrollo efectivo del código, ya que son lenguajes cuyas APIs son de complicada implementación, esto dejaría claro que Python es más eficaz (Tymoschuk, 2013).

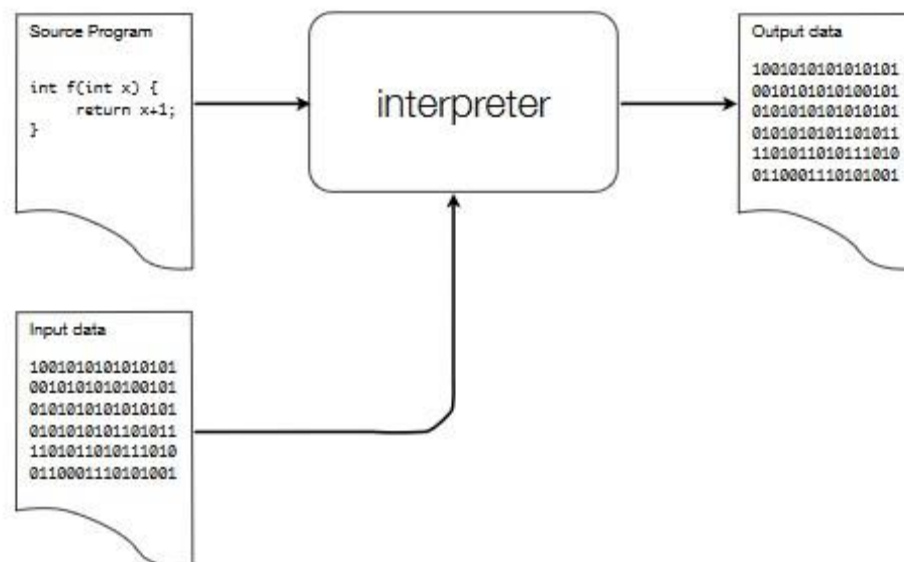



Figura 9. Diagrama Lenguaje Interpretado. Fuente: Interpretation and Compilation of Programming Languages Part 1 - Overview. João Costa Seco March 5, 2014. Pag 4.

Se recurrió a la utilización de Python como lenguaje de programación, por sus características de flexibilidad y dinamismo en su programación. Además contiene




	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

módulos de software libre para el manejo de imágenes y entrenamiento de redes neuronales llamados OpenCV. También cuenta con un módulo llamado PyODBC, el cual permite ejecutar comandos SQL. Además el dispositivo de procesamiento debe tener un driver llamado Microsoft ODBC Driver 13 for SQL Server. Este lenguaje es capaz de manejar subprocesos, una ventaja que se puede aprovechar para trabajar en paralelo y aprovechar el poder del dispositivo de procesamiento.

Ambas soluciones fueron propuestas y desarrolladas en este lenguaje de programación, en la primera los costos de implementación fueron elevados, ya que la complejidad de un sistema de visión artificial conlleva a equipos costosos como cámaras industriales, iluminación especializada, lentes, cables de alimentación, montaje, entre otras. Además el procesamiento de una máquina que está corriendo un sistema de visión por computador debe ser elevado para su correcto funcionamiento, lo cual llevó la primera propuesta a una suma elevada en costos, para un beneficio que tardaría varios años en retornar dicha inversión. Al usar algoritmos de procesamiento de información avanzados, los tiempos de lectura eran más altos, por lo que el sistema tendría un fallo, en caso de que la velocidad de la banda transportadora cambiara y fuera más rápida, además existía la posibilidad que el sistema no fuera capaz de detectar correctamente un calibre y generar un error en la lectura.

Por el contrario, la segunda solución se vio más factible, los costos son más reducidos ya que los lectores de códigos de barras omnidireccionales constan de una tecnología más comercializada y utilizada, además de ser dispositivos que al conectarse en el computador mediante USB se muestran a éste como entradas de teclado, el procesamiento de lectura del código lo hace el dispositivo de lectura y no el de procesamiento, por lo que se libera a este último de un trabajo innecesario, lo que conlleva a que el procesamiento del equipo solo debe cumplir las especificaciones para enviar datos a una base de datos de SQL Server. Para cumplir esta tarea se escogió un

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Intel NUC con procesador core i3 de doble núcleo y RAM de 4GB, por su tamaño y capacidad de procesamiento, debido a que los espacios donde se instalarán los elementos de lectura son reducidos y el dispositivo de procesamiento debe estar cerca de dichos dispositivos. Finalmente se concluyó que, por temas de costos, procesamiento y velocidad de lectura la segunda opción era la más viable.


Se determinó que el dispositivo de lectura debía ser omnidireccional, para asegurar la correcta lectura, ya que los lotes se encuentran en movimiento y los adhesivos son pegados de forma manual, dicho esto, los adhesivos no estarán siempre en la misma posición. Se realizó la correcta instalación de los lectores en los puntos clave anteriormente detectados, verificando la distancia entre su centro y la banda transportadora, para así asegurar la correcta lectura de los códigos de barras.



*Figura 10. Instalación Dispositivo de Lectura. Fuente: Propia.*


Se validó la estabilidad y firmeza de los soportes de los dispositivos para evitar vibraciones que puedan afectar la lectura o la integridad del elemento de lectura. Seguido de esto, se hicieron pruebas de lectura con lotes en diferentes posiciones para tener la certeza que la dirección del código de barras no afectara la correcta lectura.

El sistema es capaz de contar la cantidad de lotes producidos, discriminándolos por calibres y cultivos. Retomando el proceso, luego que la máquina hizo el lavado y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

separado de la fruta, ésta se empaca en lotes, los cuales son llevados a las bandas transportadoras donde están ubicados los lectores. Cuando un lector de códigos de barras omnidireccional reconoce un código válido, internamente procesa dicho código y lo transforma en información numérica, la cual es enviada por medio de conexión USB al bus de datos del dispositivo de procesamiento. El programa desarrollado es capaz de tomar esta información, procesarla y separarla para obtener tres datos importantes de dicho código, los cuales serán guardados en la base de datos. En el momento en que el registro es guardado en una tabla específica de la base de datos, un trigger asociado a dicho elemento es ejecutado y se encarga de totalizar y llevar a otra tabla resumida los datos leídos.

Para comprobar el correcto comportamiento del programa se destinarán 2 meses en los cuales, los conteos se harán tanto automáticos como manuales, para así poder comparar la solución propuesta contra la antigua metodología. De tal manera identificar si hubo reducción de tiempos; para garantizar que el conteo es totalmente confiable, se guardarán el número de adhesivos de cada calibre, separados por su respectivo cultivo, que son impresos durante este periodo de tiempo, para así identificar el porcentaje de acierto en el conteo.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


## 4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la visita a la planta, se buscó tener varios puntos de ubicación para los dispositivos de lectura. Se identificó el lugar más favorable para el lector, teniendo en cuenta sus medidas físicas y distancias de lectura. Se detectaron problemas como vibraciones, las cuales podrían afectar al lector, desplazamiento del personal por la zona, que podría provocar daños si no se ubican bien los sensores.



Figura 11. Posibles Ubicaciones. Fuente: Propia.

Para detectar la mejor solución en la metodología, se tuvo en cuenta los costos de implementación, velocidad de procesamiento y confiabilidad. La solución de visión por computador consta de altos costos de implementación y una confiabilidad que depende de la velocidad y capacidad de procesamiento tanto de hardware como de software, por lo que se estaría usando tecnología de altos costos para una solución que no requiere de tanta complejidad. Por el contrario la segunda solución, brinda una alta confiabilidad de lectura con costos bajos y altas velocidades de procesamiento. Además la impresión del código de barras está implementada y no se requiere de un reproceso del flujo normal de los lotes.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


Producto	Cantida	Costo estimad	subtota	Proveedor
Cámara monocromática o color	2	\$2.725.000	\$5.450.000	National Instruments
Lente 8,5 - 12mm	2	\$1.400.000	\$2.800.000	National Instruments
Adaptador tripode	2	\$290.000	\$580.000	National Instruments
Sistema de iluminación	2	\$2.070.000	\$4.140.000	National Instruments
			\$12.970.000	Total - Cámara
ThinkCentre M73 Tiny + Monitor LCD 18.5" LED Backlit	1	\$2.829.037	\$2.830.000	Lenovo
Mouse + Teclado	1	\$160.000	\$160.000	NA
			\$2.990.000	Total - Computador
			\$15.960.000	Total

Figura 12. Costos Visión por Computador. Fuente: Propia

Producto	Cantida	Costo estimad	subtotal	Proveedor
Intel NUC - Intel Core I3 - RAM 4GB	1	\$1.329.000	\$1.329.000	Lenovo
Lector omnidireccional - Honeywell Ms 7120	2	\$670.000	\$1.340.000	Honywell
			\$2.669.000	Total

Figura 13. Costos Lectores de Códigos de Barras. Fuente: Propia.

Durante el desarrollo del programa se identificaron falencias que debían ser solucionadas por el mismo sistema. Para guardar la información leída por los dispositivos en una base de datos que está en la nube, es indispensable la conexión a internet, de lo contrario la operación fallará y dicha información se perderá. En respuesta, el sistema es capaz de detectar si la conexión está activa, si esto es falso, el programa guardará en un archivo CSV lo que no se pudo publicar, de esta forma se asegura el salvaguardado de la información. En el momento en que el internet vuelva a su normalidad, el programa ejecutará un proceso en paralelo, lo cual permitirá seguir leyendo los lotes que en el momento están pasando y publicar los datos guardados en el archivo CSV. Este subproceso hace parte de una solución a un problema detectado durante el proceso de desarrollo. En un momento crítico del proceso, pueden pasar 5 lotes por minuto en ambas bandas, por lo que el programa tiene que publicar 10 registros por minuto, si el internet falla antes del punto crítico, quiere decir que el sistema deberá leer los 10 lotes más otros lotes que en su momento no fueron

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

guardados en la base de datos, si este proceso no se hace en paralelo, las lecturas podrían ralentizarse y en el peor de los casos tener una pérdida de información.


Al final del proceso, hay operarios que cargan los lotes en estibas, si estos se demoran mucho o hay un proceso crítico de fruta, la banda transportadora tendrá un exceso de lotes hasta tal punto de tener que parar el movimiento de la misma. Cuando esto suceda, existe la posibilidad que los lectores queden leyendo el mismo adhesivo, lo cual es solucionado por el mismo dispositivo de lectura, el cual solo lee cuando el código está en movimiento. Aun así, existe la posibilidad que el dispositivo genere una lectura con código ya leído por lo anteriormente descrito.

Los tiempos de producción se minimizaron positivamente, el proceso de conteo pasó de ser manual, con tiempos de espera de 5 a 10 minutos, a ser totalmente automático. La mano de obra que tenía esta tarea fue ocupada en tareas que realmente necesitan de un operario, lo cual también ayuda al mejoramiento de tiempos de la planta; durante el proceso se anotaba el número de adhesivos usados para cada cultivo, y de tal forma verificar la confiabilidad del conteo.


14 de Diciembre 2016			10 de Enero 2016			14 de Febrero 2016					
Calibre	Calibre Impreso	Calibre Leído	Calibre	Calibre Imp	Calibre Leído	Calibre	Calibre Imp	Calibre Leído			
12	0	0	12	0	0	12	0	0			
14	60	50	14	58	55	14	90	90			
16	80	70	16	59	58	16	70	70			
18	60	60	18	70	65	18	55	55			
20	20	20	20	20	20	20	32	32			
22	10	9% Acierto	22	20	19% Acierto	22	18	18% Acierto			
<b>Total</b>	<b>230</b>	<b>209</b>	<b>91%</b>	<b>Total</b>	<b>227</b>	<b>217</b>	<b>96%</b>	<b>Total</b>	<b>265</b>	<b>265</b>	<b>100%</b>

Figura 14. Proceso de Comprobación. Fuente: Propia

Las lecturas, al inicio no eran lo que se esperaba, ya que el personal que colocaba el adhesivo en el lote no lo hacía en el lugar indicado o no lo colocaba por lo que éste no podía detectarlo. Como solución a esta última se indicó a los encargados de cargar los lotes en las estibas que devolvieran aquellos que no tuvieran adhesivo o que este

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

estuviera en el lado contrario al lector. Durante estos dos meses se creó esta conciencia en el trabajo entre los operarios y se fue resolviendo el problema de lecturas faltantes. Se comprobó el correcto funcionamiento del sistema finalizando el proceso de pruebas. También se verificó su correcta lectura cuando el internet fallaba en la planta.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO


---

## 5. Conclusiones

---

- El conteo de los lotes de aguacate tiene un comportamiento exitoso, la colaboración del personal de la planta es indispensable para el correcto funcionamiento del sistema.
- Las fallas del proceso de la planta de procesamiento de aguacate Cartama, se encuentran en el conteo manual de los lotes procesados de dicha fruta. Donde hay una pérdida innecesaria de tiempo de producción.
- El lenguaje de programación escogido, permitió la agilidad y legibilidad del código, lo que se traduce en menor tiempo de programación y mayor tiempo dedicado a encontrar fallos y correcciones. Los dispositivos de lectura deben ser omnidireccionales, para garantizar la correcta lectura de los códigos de barras debido a que estos pueden estar adheridos al lote en diferentes posiciones.
- Los dispositivos quedan bien sujetos, de manera que las vibraciones producidas por los motores de la banda transportadora no afecten el buen funcionamiento del sistema.
- Se precisa de una capacitación del personal en el nuevo proceso, los resultados cambian de manera notable y exitosa luego de esto.




	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 6. Recomendaciones

---


- Durante el proceso, cuando el internet falle, se debe tener una alternativa para no perder información.
- Los códigos de barras en el adhesivo deben tener unas medidas mínimas, si estas no se cumplen, el lector fallará en lecturas muy alejadas a él.
- Si el proceso es detenido y el dispositivo queda leyendo un código de barras, lo más probable es que se genere una doble lectura.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 7. Trabajo Futuro

---


En el proceso de producción de aguacate Hass de la planta Cartama, existe gran cantidad de procesos manuales. Estos procesos llevan a colas de producción, donde esta debe ser detenida por la falta de rapidez de los operarios. En el estibado se vio gran potencial de mejoramiento, por el hecho que la demora en esta actividad, provoca el paro inmediato de la banda transportadora.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## REFERENCIAS

---

- Báez, J. J. (2007). *Colorimetría*.
- Castelló, V. (2005). *Localización y decodificación de códigos de barras en imágenes digitales*. Castellón de la plana: Universitat Jaume\*I.
- Challenger, I., Diaz, Y., & Becerra, R. A. (2014). *El lenguaje de programación Python*. Santiago de Cuba: Ciencias Holguín.
- Contreras, L. A. (2011). *Detección y reconocimiento de objetos para aplicaciones en robots móviles empleando técnicas de visión computacional*. Cuauhtémoc: Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- Costa, J. (2014). *Interpretation and Compilation of Programming Languages Part 1 - Overview*.
- Erlin, S. (2006). *Física de la Luz*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Escofet, C. M. (2005). El lenguaje SQL. En C. M. Escofet, R. Camps, L. A. Casillas, D. Costal, M. G. Ginestà, & P. Oscar, *Bases de datos* (págs. 109-170). Barcelona: Eureka Media.
- Gil, M. d. (1994). La base de datos. Importancia y aplicación en educación. *Perfiles educativos*, 4.
- Maduell, E. (2012). *Visión Artificial*. Catalunya: Universitat Oberta de Catalunya.
- OpenCV Team. (2017). <http://opencv.org/>. Obtenido de OpenCV Library: <http://opencv.org/>
- Puell, M. C. (2006). *Óptico Fisiológica: El sistema óptico del ojo y la visión binocular*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Sucar, L. E., & Gomez, G. (2002). *Visión Computacional*. Puebla, Mexico: Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.
- Tello, R. (2003). Base de datos en la ingeniería y los negocios. *Industrial data*, 79-82.
- Tymoschuk, J. P. (2013). *Análisis comparativo de eficiencia de lenguajes de programación*. Universidad Tecnológica Nacional.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

FIRMA ESTUDIANTES  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



FIRMA ASESOR FECHA ENTREGA: Agosto 14 de 2017

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_\_      ACEPTADO\_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_