



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A
NIVEL DE PREGRADO 2018



Sistema de visión artificial con faja transportadora, para el proceso de conteo de monedas en la provincia de San Martín

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas e Informática

AUTOR:

Luis Martín Berrú Chávez

ASESOR:

Ing. Carlos Armando Ríos López

Tarapoto - Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A
NIVEL DE PREGRADO 2018



Sistema de visión artificial con faja transportadora, para el proceso de conteo de monedas en la provincia de San Martín

AUTOR:

Luis Martín Berrú Chávez

Sustentada y aprobada el día 11 de marzo del 2019, ante el honorable jurado:

.....
Ing. M. Sc. Pedro Antonio Gonzales Sanchez

Presidente

.....
Ing. M. Sc. Andy Hyrvin Rucoba Reátegui

Secretario

.....
Ing. John Clark Santa María Pinedo

Miembro

Declaratoria de Autenticidad

Luis Martín Berrú Chávez, con DNI N° 44132703, egresado de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la Tesis titulada: **Sistema de visión artificial con faja transportadora para el proceso de conteo de monedas, en la provincia de San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por lo tanto, la información de esta investigación debe considerarse como parte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 11 de marzo de 2019.



.....
Luis Martín Berrú Chávez
DNI N° 44132703

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	BERRÚ CHAVEZ LUIS MARTÍN
Código de alumno :	Teléfono: 961970204
Correo electrónico :	martin.boanerge@gmail.com DNI: 44132703

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
Escuela Profesional de:	INGENIERÍA DE SISTEMAS

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	☒	Trabajo de investigación	☐
Trabajo de suficiencia profesional	☐		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	"SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CON FAJA TRANSPORTADORA, PARA EL PROCESO DE CONTEO DE MONEDAS EN LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN"
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	☒	Embargo	☐
Acceso restringido **	☐		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.



Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

04 / 12 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A mi Dios todo poderoso, el amigo que nunca falla, que, en los momentos más difíciles y sombríos de mi vida, me dio una pisca de luz para seguir adelante, nunca renunciar a mis sueños, metas y sobre todo a nunca perder la fe.

A la memoria y honra de mi querido Padre, Baudilio Berrú Mezones que hace poco tiempo partió a la presencia del Dios todo poderoso, más que un padre, un amigo, siempre creyó en mí y estuvo siempre presente brindándome su aliento y apoyo en los buenos y malos momentos que atravesé en mi caminar.

A mi Madre Orlita Chávez García que, con su ternura y afecto de madre, siempre supo encaminarme por las sendas del bien y del Dios Todopoderoso.

Dedicado a mi Padre y Madre querida. Gracias por demostrarme siempre su afecto y apoyo incondicional. Ellos hicieron posible que lograra esta tan anhelada meta.

A mis hermanos Yori, Doménika, Omar, Maritza, César fruto del amor que se tuvieron mis Padres y que son mis grandes compañeros de infancia, de adolescencia y juventud, de esos gratos momentos que viví y seguiré viviendo con ellos, si el Dios Todopoderoso lo permite.

A todos mis seres queridos, que me dieron su apoyo y comprensión, por sus mensajes de aliento y a todas esas personas que sin saberlo contribuyeron de alguna manera con este sueño, que hoy es una realidad, miles de gracias de todo corazón.

Agradecimientos

Al Ingeniero Carlos Armando Ríos López, más que un asesor de tesis, un gran amigo que con su vasto conocimiento supo guiarme en la realización de este esfuerzo.

A la Universidad Nacional de San Martín, mi Alma Mater, y a la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática por abrirme sus puertas, brindarme su apoyo y la oportunidad de formarme como profesional.

Índice

	Pág.
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Resumen	xiii
Abstract.....	xiv
 Introducción.....	 1
 CAPÍTULO I	 4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1 Antecedentes de la investigación	4
1.2 Fundamento Teórico	5
 CAPÍTULO II.....	 9
MATERIAL Y MÉTODOS	9
2.1 Material	9
2.2 Funcionamiento del sistema.....	10
2.2.1. Primer paso.....	11
2.2.2. Segundo paso	11
2.2.3. Tercer paso	11
2.2.4. Cuarto paso.....	12
2.2.5. Quinto paso	12
2.3 Diagrama de Flujo de Datos del Sistema	13
2.4 Código en Matlab del Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora	14
2.5 Método	17
 CAPÍTULO III	 19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
3.1. Resultados.....	19
3.2. Muestras.....	19
3.3. Prueba de Hipótesis	27

3.4. Análisis de Regresión y Correlación	29
3.5. Discusión de resultados	30
CONCLUSIONES.....	31
RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Tabla para registrar los errores para el grupo control y el grupo experimental	18
Tabla 2. Tabla para registrar los datos de las pruebas que se realizarán para determinar el tiempo de conteo de monedas en la faja transportadora	18
Tabla 3. Grupo de monedas seleccionadas para servir como Muestras	19
Tabla 4. Muestras Grupo Control	20
Tabla 5. Muestras Grupo Experimental	26
Tabla 6. Resultados obtenidos en el Grupo Control y el Grupo Experimental respecto al error generado en el conteo	27
Tabla 7. Valores calculados utilizando t-Student	28
Tabla 8. Tabla de toma de muestras de la variable dependiente “y”	29

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Diagrama de conexión del Sistema de Visión Artificial con faja Transportadora	9
Figura 2. Esquema básico del Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora	11
Figura 3. Diagrama de Flujo de Datos del Sistema de Visión Artificial con faja Transportadora	13
Figura 4. Conteo de Monedas de forma manual.....	17
Figura 5. Conteo de monedas utilizando el Sistema de Visión Artificial con faja Transportadora	17
Figura 6. Muestra 01 Grupo Experimental.....	21
Figura 7. Muestra 02 Grupo Experimental.....	21
Figura 8. Muestra 03 Grupo Experimental.....	22
Figura 9. Muestra 04 Grupo Experimental.....	22
Figura 10. Muestra 05 Grupo Experimental.....	23
Figura 11. Muestra 06 Grupo Experimental.....	23
Figura 12. Muestra 07 Grupo Experimental.....	24
Figura 13. Muestra 08 Grupo Experimental.....	24
Figura 14. Muestra 09 Grupo Experimental.....	25
Figura 15. Muestra 10 Grupo Experimental.....	25

Índice de gráficos

	Pág.
Gráfico 1. Resultados obtenidos en el Grupo Control y el Grupo Experimental, respecto al error generado en el conteo	27
Gráfico 2. Gráfico de la dispersión de X e Y	29

Resumen

La presente Tesis, aborda el estudio y el análisis de la eficacia del proceso de conteo de monedas (variación del error) realizado de forma manual, y de forma automatizada (aplicando un Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora). Esta tesis tiene como objetivo, demostrar que, mediante la aplicación de un Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora, es posible reducir el error (expresado porcentualmente) que se genera en el resultado, al llevar a cabo un conteo de monedas de forma manual. En cuanto al aspecto metodológico de la investigación, se ha seguido la metodología cuantitativa. Bajo esta perspectiva, se pretende medir el grado de error y el tiempo que conlleva el realizar un conteo de monedas, es decir se pretende medir cantidades numéricas enteras. Dentro de los resultados más importantes alcanzados, se encuentran, que el Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora que se diseñó y construyó, funcionó óptimamente. Otro resultado de gran importancia alcanzado fue que se pudo determinar el grado de error generado tanto para la forma de conteo manual como utilizando el Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora. Se determinó también el tiempo de conteo, tanto para la forma manual, como haciendo uso del Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora, además de medir el tiempo promedio de cada uno de ellos. Dentro de las principales conclusiones alcanzadas están que, se rechaza la Hipótesis nula, por ende, se acepta la Hipótesis alternativa.

Palabras Clave: Visión artificial, Conteo de monedas, Faja transportadora, Variación del error, Tiempo de procesamiento.

Abstract

This thesis, addresses the study and analysis of the effectiveness of the process of counting coins (variation of the error) made manually, and applying an Artificial Vision System with conveyor belt. This thesis aims to demonstrate that, by applying an Artificial Vision System with a conveyor belt, it is possible to reduce the error (expressed in percentage terms) that is generated in the result, by carrying out a coin count manually. Regarding the methodological aspect of the research, the quantitative methodology has been followed. Under this perspective, we intend to measure the degree of error and the time it takes to perform a coin count, that is, we intend to measure whole numerical quantities. Among the most important results achieved, are that, the Artificial Vision System with conveyor belt that was designed and built, worked correctly. Another of the most important results achieved is that the counting time could be determined, both for the manual form and for the Artificial Vision System. In addition to measuring the average time of each of them. Among the main conclusions reached are that, the null hypothesis is rejected, therefore, the alternative hypothesis is accepted.

Keyword: Artificial vision, coin counting, conveyor belt, error variation, processing time.



Introducción

A través de la historia el hombre ha mostrado preocupación por satisfacer sus necesidades (alimentos, vestido, vivienda, etc.). De esta manera, una de las primeras formas de obtener estos bienes, fue realizando el intercambio denominado “trueque” el cual consistía en cambiar una mercancía por otra dependiendo de su valor o utilidad. De manera que el trueque fue perfeccionándose, hasta que hizo su aparición la “moneda” diseñada y hecha de materiales en metales preciosos con aleaciones.

A través del tiempo, es notable la influencia que ha tenido el dinero en las costumbres y necesidades de las personas de la mayoría de culturas antiguas y contemporáneas de diferentes naciones y lenguas. Muchas etapas han pasado a través de la historia, en las cuales se incluyen y dan un importante papel protagónico al trueque y que luego fue relegado por el dinero como lo conocemos hasta hoy día. Es así que en el siglo XXI, gracias al desarrollo de las tecnologías, el intercambio de dinero en forma de transacciones ha sobrepasado fronteras geográficas y sociales conocidas.

En la actualidad, Organizaciones de diversos tipos, ya sean del estado, privadas o de otra índole, almacenan e intercambian grandes cantidades de esta riqueza en centros de almacenamiento y operaciones. La principal forma de recaudar, distribuir e intercambiar esta riqueza o divisa es a través de personal capacitado (cobros, depósitos, giros, pagos por conceptos varios, etc.) que interactúan directamente con el usuario, para captar el dinero por el bien o servicio prestado.

La tarea de recaudar el dinero recae sobre una o más personas ubicadas en módulos estratégicos. Esta persona, que generalmente es denominado cajero, asesor de servicios, promotor, o representante financiero, se encarga de recibir dicho dinero (billetes y monedas) de las transacciones de bienes o servicios realizados, y depositarlas en una caja recaudadora.

Al final del día habrá que determinar el ingreso total recaudado. De ahí como toda actividad laboral, la labor del cajero está expuesta a errores humanos, debido en muchos casos a la presión del empleador de tener que realizarlo con el mínimo de errores, horarios corridos y el alto nivel de concentración que requiere, lo que podría conllevar a generar mayores costos para la organización, lo que genera un mayor uso de tiempo y recursos.

Al no lograr un resultado positivo en un conteo manual de monedas, hará que un experto, es decir el cajero, requiera de mayor tiempo y reiteradas veces para lograrlo.

Esto va ocasionar que las organizaciones requieran realizar mayores inversiones, ya sea en la contratación de un mayor número de empleados, instalación de módulos, máquinas; etc. que a corto y mediano plazo van a generar mayores costes a la misma.

El problema principal que aborda esta investigación, es la ineficaz forma de llevar a cabo un conteo de monedas (cuando se hace de forma manual, al contarlas de una en una o en grupos) y el resultado negativo que muchas veces se obtiene, al ser realizado por un experto humano (cajeros, asesor de servicios, promotor o representante financiero, contadores, encargados de caja; etc.).

La hipótesis principal que se plantea en esta investigación es que con la utilización de un sistema de visión artificial con faja transportadora, mejorará el proceso de conteo de monedas, en la provincia de San Martín.

La importancia de esta investigación radica en que, gracias a los resultados positivos obtenidos, nos encontramos ante un nuevo método, alternativo, de conteo de monedas frente al método convencional, que se realiza manualmente.

Esta investigación plantea contribuir, con una visión de propuesta alterna, para resolver el problema del error del resultado que se genera, al llevar a cabo un conteo de monedas de forma manual en la provincia de San Martín. Para ello se crea un sistema de visión artificial con faja transportadora.

En cuanto a los objetivos de esta investigación, el objetivo general plantea mejorar el proceso del conteo de monedas en la provincia de San Martín, en relación al sistema de visión artificial con faja transportadora. Los objetivos específicos que se plantean son: evaluar el proceso de conteo de monedas en la provincia de San Martín, implementar un sistema de visión artificial con faja transportadora, determinar la relación entre el sistema de visión artificial con faja transportadora, y por último determinar la relación entre el sistema de visión artificial con faja transportadora y el proceso de conteo de monedas en la provincia de San Martín.

En el Capítulo I de esta investigación, se referencian algunas investigaciones realizadas sobre el uso práctico de la visión artificial. También se recogen los conceptos empleados por algunos libros y autores, referentes a la teoría de visión artificial.

En el Capítulo II mostramos el diseño del sistema de visión artificial con faja transportadora propuesto, a través de un diagrama de conexión, mostrando y describiendo las partes y funcionalidades de los componentes que lo conforman.

También en este capítulo se describe detalladamente el funcionamiento del sistema de visión artificial con faja transportadora, es decir, los pasos que sigue para realizar un conteo de monedas.

Se muestra también en este capítulo, el algoritmo correspondiente al sistema de visión artificial con faja transportadora, a través de un diagrama de flujo de datos, además de mostrar el código fuente del programa de visión artificial, desarrollado en el software de modelado matemático “matlab” versión r2013b.

Por último, se muestra en este capítulo, el método utilizado en la investigación, en la realización de las pruebas, de forma manual y utilizando el Sistema de visión artificial con faja transportadora.

En el Capítulo III se muestran las pruebas y cálculos realizados sobre las muestras del grupo control y del grupo experimental, además de los resultados de estas pruebas obtenidas del conteo de forma tradicional (forma manual) y automatizado (utilizando el sistema de visión artificial con faja transportadora). Para ello se utilizaron Tablas que registraran los datos de las pruebas realizadas al grupo control y al grupo experimental, datos referentes al porcentaje de error que se genera al realizar el conteo de monedas, el tiempo que conlleva realizar dichos conteos (manual y automatizado) y la comparación (gráficamente) entre estos tiempos (manual y automatizado).

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación.

Bueno Monge, D. (2012) afirma que: El objetivo principal del proyecto es diseñar e implementar un sistema de reconocimiento de objetos utilizando técnicas 3D donde se demuestre el beneficio de aplicar dichas técnicas respecto a sistemas de reconocimiento convencionales. El sistema deberá aprender un modelo visual de cualquier objeto a partir de unas pocas imágenes que luego podrá ser utilizado para identificar dicho objeto en otras imágenes. La clave residirá en cómo aprovechar e integrar la información de profundidad que el sensor ofrece para lograr mejores resultados que los que se lograrán con una cámara convencional. Finalmente, el autor concluye que la aparición del sensor kinect en el mercado ha supuesto poco menos que una revolución en el mundo de la visión por computador. Su capacidad para extraer en tiempo real el mapa de profundidad de una escena ha impulsado varias líneas de investigación que siguen muy activas. El deseo de formar parte de dicho trabajo unido con el interés por la visión por computador ha sido motivación más que suficiente para llevar a cabo el proyecto (pp.215).

Morales Flores, C., & Nava Núñez, I. (2015) afirman que: En el presente proyecto que como condición inicial permita detectar al tren que realice un franqueamiento a la señal de Maniobra, una vez que se cumpla este requisito comienza la adquisición de la imagen correspondiente al frente del primer carro, tomando en cuenta que el formato es RGB (del inglés Red, Green, Blue) para después cortar la imagen a dimensiones más pequeñas tomando el área que contiene los valores de identificación del tren (pp. 115).

Sánchez Asmat, J. A. (2014) afirma que: La presente tesis tiene como objetivo investigar, encontrar las características adecuadas de un Sistema de visión artificial, así como encontrar un método para reconocer imágenes en función de su color y su forma, y corroborar su funcionamiento por medio de la implementación de una mecanismo, que tiene acoplada una cámara web, con la cual, siguiendo unas técnicas de procesamiento de imágenes, y una comunicación con un circuito externo, se intenta lograr que la cámara web, siga a un objeto en movimiento, según la forma y color que se desea (pp. 48).

Castillo Ortiz, J. (2015) afirma que: Esta tesis, desarrolla un Sistema de Visión Artificial el cual detecta objetos bajo un ambiente a campo abierto de terreno arenoso, con un fondo incierto bajo ciertas condiciones de luminosidad, brillo saturación, contraste.

Para ello se desarrolló un sistema el cual permite ver la profundidad y la distancia la cual se encuentra determinado punto de la imagen de la cámara respecto al mundo real, todo por medio de algoritmos computacionales y teoría de Visión estereoscópica, aproximándose así a un sistema de Visión artificial Humanoide al percibir la profundidad y el reconocimiento de objetos (pp. 161).

Lozano Mantilla, G. A., & Orduz Rodríguez, J. J. (2015): afirman que: En el siguiente proyecto, se ha desarrollado un sistema de control de calidad, para la revisión de llenado de bebidas embotelladas mediante el uso de MATLAB y su Toolbox de procesamiento de imágenes. Este sistema consta de una banda transportadora encargada de generar el movimiento de las botellas a evaluar, hasta ser detectadas por un sensor óptico posicionado en paralelo con una cámara, la cual obtiene las imágenes de todas y cada una de las botellas para posteriormente ser procesadas (pp. 69).

1.2. Fundamento teórico.

- **Sistema:**

Arboleda Sepúlveda, O. (1973) afirman que: Sistema se ha definido como un complejo interconectado de componentes relacionados funcionalmente y estructurados para cumplir con objetivos previstos. Esta definición aunque muy general, es aplicada al hombre, a la máquina y a la organización (pp. 137).

- **Visión:**

Pérez Vega, C. (2015) afirma que: La visión es el sentido por el que percibimos el entorno mediante los ojos. Suele pensarse que el ojo es semejante a una cámara fotográfica o cinematográfica; esta apreciación es sumamente simplista, porque el ojo de cualquier animal es un órgano mucho más complejo que cualquier cámara construida por el ingenio humano (pp. 10).

- **Artificial:**

Merele Guervós, J.J. (1995) afirma que: Un mundo (artificial) es un modelo computacional usado para resolver problemas de todo tipo usando técnicas

inspiradas en la naturaleza, como la evolución, la adaptación, y la competencia (pp. 172).

- **Sistema de visión artificial:**

Monsó i Bustió, J. (1994) afirma que: En un Sistema de Visión Artificial, la cámara sustituye al ojo humano, mientras que el sistema informático se encarga de hacer lo propio con el cerebro. De esta forma, se trata de reconocer imágenes que previamente han sido parametrizadas de diversas formas en el sistema. Este debe ser capaz de verificar la presencia o ausencia de objetos, medir sus dimensiones físicas, reconocerlo (pp. 45).

- **Transporte:**

Como Tejero, A. (2015) menciona: Que una forma breve y simplista diremos que el transporte se ocupa de todas las actividades relacionadas directas e indirectamente con la necesidad de situar los productos en los puntos de destino correspondientes, de acuerdo con unos condicionantes de seguridad, rapidez y coste (pp. 95).

- **Faja transportadora:**

Una Faja transportadora es un transportador muy utilizado para productos al granel (granos) y empacados. Consiste básicamente en una correa sinfín que opera entre dos poleas. Las correas pueden ser confeccionadas de diferentes materiales como son, lona, neoprina, loneta, metálicas, etc.

- **Preprocesamiento de imágenes:**

Bueno, G. & Dorado, J. (2007) afirman que: Los objetivos del preprocesamiento de imágenes son la mejora de imágenes degradadas y la obtención de un realce de las características de la imagen. El preprocesado permite, por ejemplo, destacar elementos de la imagen, así como ofrecer color en determinadas zonas de una imagen en tono de grises, facilitando la apreciación de regiones de interés por el ojo humano (pp. 230).

- **Procesamiento de la imagen:**

Pasariello, G. & Mora, F. (1995) afirman que: El procesamiento de la imagen es la realización en software de algoritmos de extracción de la información contenida en

las imágenes. El procesamiento puede ser realizado por computadores de uso general o por procesadores especialmente concebidos para este tipo de cálculo (pp. 211).

- **Área:**

Sardar, Z., Ravetz, J. & Van Loon, B. (1999) afirman que: El área es la cantidad de superficie de una figura plana. Dicho de otra manera es el tamaño de la región interna de una figura geométrica. El área se mide en unidades al cuadrado: metros cuadrados, centímetros cuadrados, pulgadas cuadradas, etc. (pp. 45).

- **Centroide:** Hibbeler, R. C. (2004) afirma que: El centroide es el punto que define el centro geométrico de un objeto. Su ubicación puede ser determinada a partir de fórmulas similares a las usadas para encontrar el centro de gravedad del cuerpo o centro de masa (pp.67).

- **Segmentación:**

Chacón Murguía, M. I., Rodríguez Sandoval, R. & Vega Pineda, J. (2015) afirman que: La segmentación es el proceso mediante el cual una imagen se descompone en regiones o elementos que pueden corresponder a objetos o parte de objetos. El proceso de segmentación se encarga de evaluar si cada pixel de la imagen pertenece o no al objeto de interés. Esta técnica de procesamiento de imágenes idealmente genera una imagen binaria, donde los pixeles que pertenecen al objeto se representan con un 1, mientras que los que no pertenecen al mismo se representan con un 0. Este tipo de particionamiento está basado en el análisis de alguna característica de la imagen, tal como los niveles de gris o la textura (pp. 231).

- **Segmentación basada en pixeles:**

Este método de segmentación toma en cuenta sólo el valor de gris de un pixel, para decidir si el mismo pertenece o no al objeto de interés. Para ello, se debe encontrar el rango de valores de gris que caracterizan dicho objeto, lo que requiere entonces la búsqueda y el análisis del histograma de la imagen.

El objetivo de este método, es el de encontrar de una manera óptima los valores característicos de la imagen que establecen la separación del objeto de interés, con respecto a las regiones que no pertenecen al mismo; debido a esta característica y si los valores de gris del objeto y del resto de la imagen difieren claramente, entonces

el histograma mostrará una distribución bimodal, con dos máximos distintos, lo que debiera generar, la existencia de una zona del histograma ubicada entre los dos máximos, que no presenten los valores característicos, y que idealmente fuera igual a cero, con lo cual se logrará una separación perfecta entre el objeto y la región de la imagen que lo circunda, al establecer un valor umbral ubicado en esta región del histograma. Por lo tanto cada pixel de la imagen, es asignado a una de dos categorías, dependiendo si el valor umbral es excedido o no.

Si el valor del histograma ubicado entre los dos máximos, es distinto de cero, las funciones de probabilidad de los valores de gris del objeto y de la región restante, se solaparán, de tal manera que algunos pixeles del objeto deberán ser tomados como pertenecientes a la región circundante y viceversa. Conocida la distribución de la función de probabilidad de los pixeles del objeto y de la región circundante, es posible aplicar análisis estadístico en el proceso de buscar un umbral óptimo, con el número mínimo de correspondencias erróneas.

- **Distribución t-student:**

Barrientos Valerio, J. A. (1986) afirma que: La distribución t-de Student fue creada por W. G. Gosset, quien en 1908 observó que un estimador tenía una distribución muestral teórica diferente a la normal cuando cuya desviación estándar (σ), se desconoce. Fue así como Gosset publico artículos en los que demostraba sus descubrimientos, bajo el pseudónimo de Student, de donde proviene el nombre de la distribución (pp. 99).

- **Regresión y correlación:**

Mallea, A., Herrera, M., & Ruíz, A.M. (2003) afirman que: En general, las técnicas de regresión y correlación se usan para analizar la interrelación entre dos o más variables medidas sobre un mismo conjunto de ítems o individuos (pp. 91).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Material.

Los materiales y/o componentes utilizados para la construcción de la máquina de prueba (sistema de visión artificial con faja transportadora), se presentan a continuación:

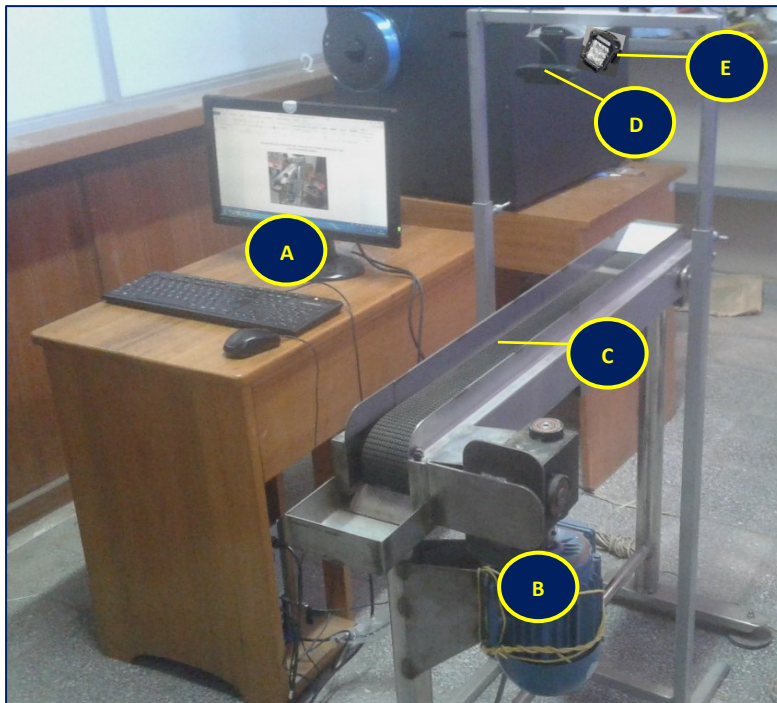


Figura 1. Diagrama de conexión del sistema de visión artificial con faja transportadora.

- **Parte A:** Computadora de escritorio. El hardware de este equipo está constituida por un procesador Core i7 de 3.4 GHz, 8GB de memoria ram, 2 gb de tarjeta de video y 500 gb de disco duro y demás componentes. Almacena y ejecuta el software de visión artificial y está conectada directamente a la cámara de video (parte E) mediante cable usb. Su función es procesar la información proveniente de la cámara de video (imagen capturada). El computador, mediante el software de visión artificial, analiza, divide en regiones e interpreta y muestra en una interfaz gráfica amigable (en pantalla) los resultados del procesamiento en forma numérica.
- **Parte B:** Motor monofásico de 220 voltios a.c. Está conectada directamente a la faja transportadora (parte C) a través de engranajes y rodamientos. Su función es

rotar o movilizar la faja transportadora, detenerla, pudiendo otorgarle diferentes velocidades.

- **Parte C:** Faja transportadora de malla. Está constituida de material de metal (apoyo tipo trípode) y la malla es de material neoprino conectada a dos rodillos colocados en ambos extremos del equipo. La faja transportadora gira gracias el motor monofásico al cual se conecta y su función es transportar las monedas por debajo de la cámara de video para su captura.
- **Parte D:** Cámara web usb 1080p full hd. Se apoya en un trípode y se ubica por encima de la faja transportadora (en el centro de ella). Se conecta directamente al computador a través de puerto usb. Su función es capturar la imagen de las monedas cuando se transportan por la faja transportadora, en el momento que estas se encuentran ubicadas por de debajo (de la cámara video) y enviar esta captura al computador para su procesamiento.
- **Parte E:** Faro led modelo fat de 100 voltios. Se apoya en un trípode, y su función es aumentar la luminosidad en la faja transportadora (con énfasis en la parte que se ubica por debajo de la cámara de video), para poder resaltar mejor los atributos de las monedas cuando se movilizan por esta.

2.2. Funcionamiento del sistema.

En cuanto al funcionamiento del sistema de visión artificial con faja transportadora, a continuación se presenta un esquema, diseñado con la finalidad de mostrar cada uno de los componentes que lo conforman, y además describir detalladamente los pasos que sigue este, desde el encendido del motor de la faja transportadora, la captura de la imagen (de las monedas sobre la faja transportadora), el procesamiento de esta imagen (los cálculos que se realizan en base a los datos y propiedades derivados de la imagen, utilizando el software de visión artificial), y por último la proyección del resultado de este procesamiento en la pantalla del computador.

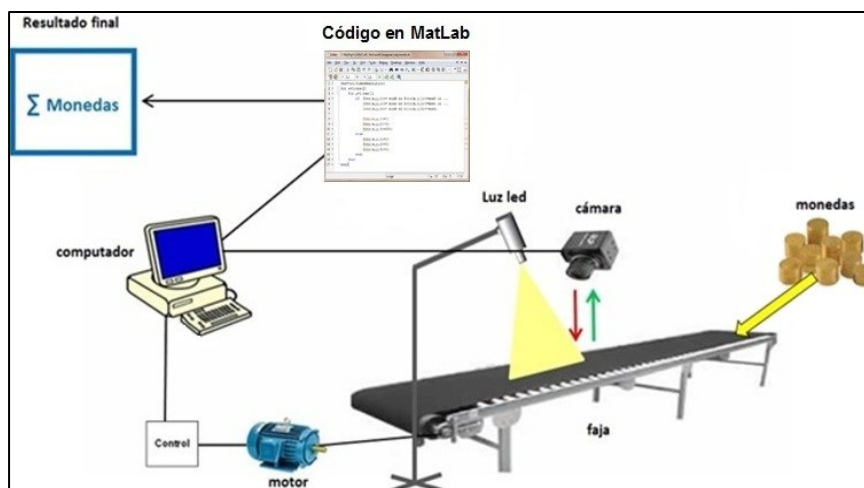


Figura 2. Esquema básico del sistema de visión artificial con faja transportadora

El procesamiento de una imagen utilizando el sistema de visión artificial con faja transportadora, para el conteo de monedas, sigue los siguientes pasos:

2.2.1. Primer paso.

Basado en el esquema básico del sistema de visión artificial (*Figura 2*) el sistema empieza a trabajar, cuando se enciende el motor monofásico de 220 voltios, que está conectada a la faja transportadora a través de engranajes y rodamientos, para dar movimiento a los rodillos extremos de la faja, y permitan su movimiento. Cabe mencionar que el motor monofásico permite ser regulado a distintas velocidades, permitiendo también su detención según sea requiera.

2.2.2. Segundo paso.

Encender el faro led de 100 voltios, para aumentar la luminosidad en la faja transportadora

2.2.3. Tercer paso.

Encendemos el computador y luego ejecutamos el software de visión artificial. Una vez que nos hemos ubicado en el software de visión artificial, activamos o encendemos la cámara de video, dando click en la opción “activar cámara”; con esto la cámara de video se conecta y sincroniza con el software de visión artificial para su utilización por parte de este. Aquí podemos visualizar lo que tenemos enfrente y hacer posible la captura de cualquier imagen.

2.2.4. Cuarto paso.

Arrojamos las monedas en forma dispersa (que están reunidas previamente y ordenadas en grupos) sobre la faja transportadora. Ya la faja transportadora se encuentre en movimiento y las monedas sobre esta, es necesario ubicar al grupo de monedas, en dirección exacta a la cámara de video. Para ello controlamos la velocidad del motor monofásico, y detenemos el grupo de monedas. Al tener la imagen de las monedas visualizadas en la pantalla (es decir cuando son detectadas en el cuadro activar cámara), capturamos la imagen e inmediatamente las procesamos. Para ello activamos la opción “capturar y procesar” en la ventana del software de visión artificial. El procesamiento de la imagen se lleva en tiempo real (milisegundos). Cabe mencionar que en este procesamiento, el software de visión artificial cumple un papel crucial ya que este se encarga de extraer e interpretar las características de la imagen capturada, valiéndose y ejecutando los algoritmos escritos en el software “matLab” que es el lenguaje de programación que se ha usado para desarrollar el software de visión artificial. El resultado final que arroja este procesamiento es el valor total de dinero existente en el grupo de monedas (valor nominal), que se puede observar en la pantalla del computador.

2.2.5. Quinto paso

Para culminar la tarea del procesamiento, limpiamos la pantalla, de todo rastro de imagen y procesamiento, activando la opción “limpiar”, dejando apto nuevamente el sistema para una nueva captura, conteo o procesamiento, regresando a la opción “capturar y procesar”. Sino deseamos realizar más conteo de monedas, optamos por salir totalmente del sistema cerrando la ventana principal de esta.

2.3. Diagrama de flujo de datos del sistema

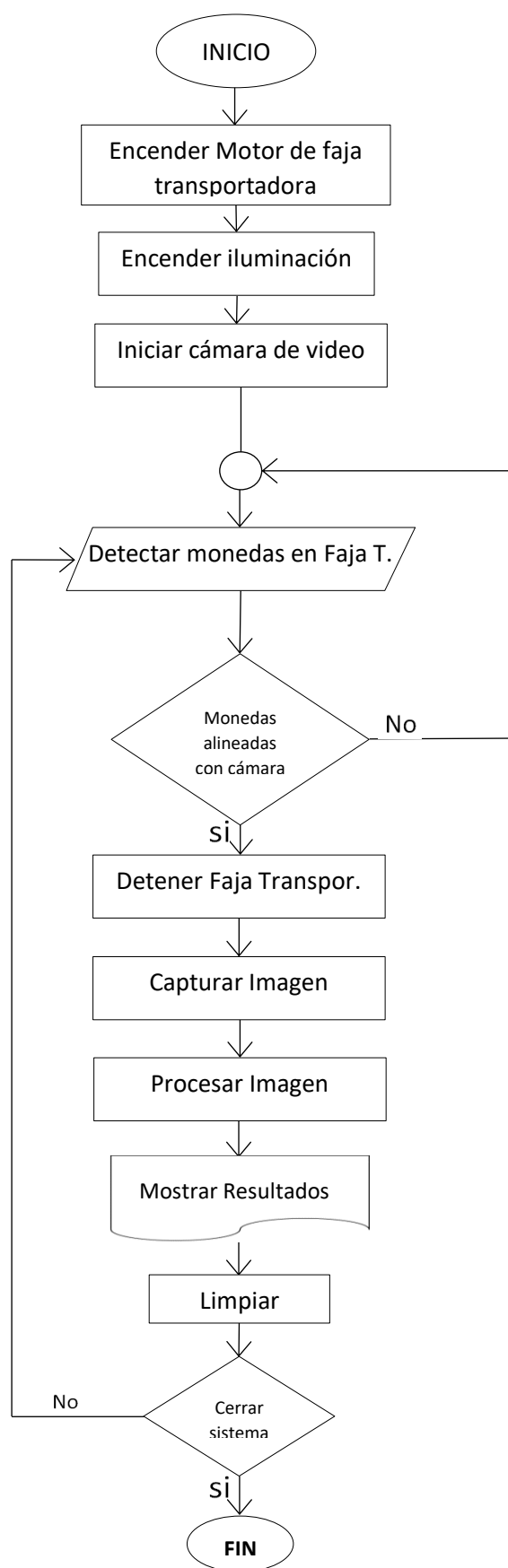


Figura 3. Diagrama de flujo de datos del sistema de visión artificial con faja transportadora

2.4. Código en matlab del sistema de visión artificial

A continuación, se muestra el código fuente del programa de visión artificial, desarrollado en el software de modelado matemático “matlab”, versión r2013b.

```
function varargout = capturar_imagen2(varargin)
clc
%---INICIO DEL CÓDIGO DE INICIALIZACIÓN
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @capturar_imagen2_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @capturar_imagen2_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
%---FIN DEL CÓDIGO DE INICIALIZACIÓN

%---AJUSTES PRE-ESTABLECIDOS -----
function capturar_imagen2_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
%---CENTRAR GUIDE A PANTALLA
scrsz = get(0, 'ScreenSize');
pos_act=get(gcf,'Position');
xr=scrsz(3) - pos_act(3);
xp=round(xr/2);
yr=scrsz(4) - pos_act(4);
yp=round(yr/2);
set(gcf,'Position',[xp yp pos_act(3) pos_act(4)]);
%---BACKGROUND -----

%---CARGAR VIDEO -----
handles.output = hObject;
%---UPDATE HANDLES STRUCTURE
handles.rgb = [];
handles.noback = [];
guidata(hObject, handles);
%---THIS SETS UP THE VIDEO CAMERA AND STARTS THE PREVIEW
%---ONLY DO THIS WHEN IT'S INVISIBLE
% if strcmp(get(hObject,'Visible'),'off')
%     try
%         handles.vidobj = videoinput('winvideo',2);
%         % Update handles structure
%         start(handles.vidobj);
%         guidata(hObject, handles);
%         vidRes = get(handles.vidobj, 'VideoResolution');
%         nBands = get(handles.vidobj, 'NumberOfBands');
%         hImage = image(zeros(vidRes(2), vidRes(1), nBands), 'Parent',...
%             handles.axes1);
%         preview(handles.vidobj,hImage);
```

```

% catch
%     msgbox('NO HAY CÁMARA WEB CONECTADA.')
%     hImage = image(imread('profile.jpg'),
%         'Parent',handles.video_cam);
% end
% end
% axes(handles.axes2); axis off
set(handles.axes1,'xtick',[])
set(handles.axes1,'ytick',[])
set(handles.axes2,'xtick',[])
set(handles.axes2,'ytick',[])
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles); %salva los datos

%---
function varargout = capturar_imagen2_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;

```

%---EXECUTES ON BUTTON PRESS IN ACTIVAR_CAMARA.

```

function activar_camara_Callback(hObject, eventdata, handles)
    handles.vidobj = videoinput('winvideo',2);
    % Update handles structure
    %start(handles.vidobj);
    guidata(hObject, handles);
    vidRes = get(handles.vidobj, 'VideoResolution');
    nBands = get(handles.vidobj, 'NumberOfBands');
    hImage = image(zeros(vidRes(2), vidRes(1), nBands), 'Parent',...
        handles.axes1);
    preview(handles.vidobj,hImage);

```

%---CAPTURAR IMAGEN -----

```

function capturar_Callback(hObject, eventdata, handles)
try
handles.rgb = getsnapshot(handles.vidobj);
catch
    return
end
%---UPDATE HANDLES STRUCTURE
image(handles.rgb,'Parent',handles.axes2);
axes(handles.axes2)
axis off
foto=imresize(handles.rgb,[280 320]);
handles.foto=foto;

```

%---AQUI COMIENZA EL PROCESAMIENTO

```

axes(handles.axes2)
% if isequal(FileName,0)
% return
% else
% coin=imread([Path,FileName]);
coin=handles.foto;
% coin=coin1;
% if length(size(coin))==3
% coin=rgb2gray(coin);
% end
coin1 = im2bw(coin,graythresh(coin));
coin2 = imfill(coin1,'holes');

```

```

%% Etiquetar y contar los componentes conectados
[L Ne]=bwlabel(double(coin2));
%% Medir las propiedades de las regiones de imagen
prop=regionprops(L,'Area','Centroid');
%% Counter
total=0;
%% Show image
imshow(coin);hold on

%%--- RECuento DE DINERO BASADO EN EL ÁREA DE LA MONEDA
%%--- CONTEO DE MONEDAS BASADO EN SU AREA

for n=1:size(prop,1) %For 1 to Total number of coins
    cent=prop(n).Centroid;
    areas=prop(n).Area
    X=cent(1);Y=cent(2);
    if prop(n).Area>400 && prop(n).Area<820
        moneda10=prop(n).Area;
        display(moneda10)
        text(X-10,Y,['10C'])
        total=total+10;
    elseif prop(n).Area>820 && prop(n).Area<870
        moneda50=prop(n).Area;
        display(moneda50)
        total=total+50;
        text(X-10,Y,['50C'])
    elseif prop(n).Area>870 && prop(n).Area<900
        moneda200=prop(n).Area;
        display(moneda200)
        total=total+200;
        text(X-10,Y,['200C'])
    elseif prop(n).Area>900 && prop(n).Area<1000
        moneda20=prop(n).Area;
        display(moneda20)
        total=total+20;
        text(X-10,Y,['20C'])
    elseif prop(n).Area>1150 && prop(n).Area<1400
        moneda100=prop(n).Area;
        display(moneda100)
        total=total+100;
        text(X-10,Y,['100C'])
    elseif prop(n).Area>1000 && prop(n).Area<1150
        moneda5soles=prop(n).Area;
        display(moneda5soles)
        total=total+500;
        text(X-10,Y,['500C'])
    end
end
hold on

title(['Total de monedas: ',num2str(total),' Céntimos'])
display('lente de cámara a 32 centímetros')
hold off;

%%---LIMPIAR AXES -----
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
axes(handles.axes2)
cla
axes(handles.axes2)
cla

```

```

%---EXECUTES DURING OBJECT CREATION, AFTER SETTING ALL PROPERTIES.
function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),...
    get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

2.5. Método

Para que el experimento pueda funcionar, se determinó que ambas formas de conteo de dinero debían estar ubicadas en paralelo (la forma manual y con el Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora), cada uno con sus propios componentes, los cuales se operarían y funcionarían en tiempos diferentes. Se implementaron todos los componentes y materiales correspondientes, para ser operados por un experto conocedor del tema y el tesista, a fin de realizar las pruebas de forma manual y utilizando el Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora, y de obtener los resultados diferentes para cada tipo y realizar las respectivas comparaciones.



Figura 4. Conteo de monedas de forma manual

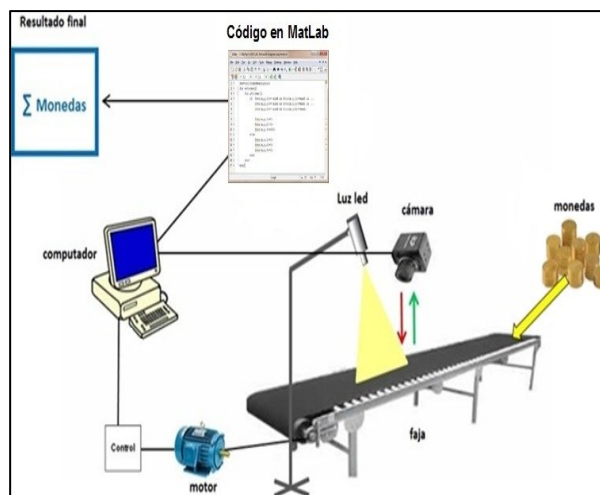


Figura 5. Conteo de monedas utilizando el sistema de visión artificial con faja transportadora

Tabla 1

Tabla para registrar los errores para el grupo control y el grupo experimental.

Nº de conteos	Conteo de monedas			
	Grupo control (Forma manual)		Grupo experimental (con el sistema de visión artificial con faja transportadora)	
1	S/	Δ_e	S/	Δ_e
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
	$\Sigma=$	$\Sigma=$	$\Sigma=$	$\Sigma=$

Tabla 2

Tabla para registrar los datos de las pruebas que se realizarán para determinar el tiempo de conteo de monedas en la faja transportadora.

Nº conteos	Tiempo de conteo de monedas en la faja transportadora
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
	$\Sigma=$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Para poder demostrar el funcionamiento y obtener los resultados utilizando el sistema de visión artificial con faja transportadora, para el proceso de conteo de monedas en la provincia de San Martín, se diseñó e implementó el experimento tal como se describe en el capítulo II (material y métodos). Se tomaron 10 muestras de conteo de monedas al grupo control y 10 muestras de conteo de monedas del grupo experimental.

3.2. Muestras

Se tomaron 10 muestras, es decir, se determinaron y se organizaron 10 grupos de monedas de distinto valor cada una, a las cuales se aplicaron el método tradicional de conteo y el método utilizando el sistema de visión artificial con faja transportadora. El grupo de monedas determinadas para el estudio respectivo, se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 3

Grupo de monedas seleccionadas para servir como muestras

N° muestra	Valor real en soles (s/)
1	11.90
2	11.50
3	14.50
4	15.00
5	19.00
6	7.60
7	7.50
8	9.40
9	7.30
10	12.20
$\Sigma=115.9$	

3.2.1. Muestras grupo control:

Se realizó el conteo de forma manual (forma tradicional), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4

Muestras Grupo control

N° de conteos	Grupo control (forma manual)		
	Valor real en soles (S/)	Valor obtenido (S/)	Δ_e
1	11.90	11.90	0
2	11.50	11.50	0
3	14.50	14.50	0
4	15.00	15.00	0
5	19.00	19.00	0
6	7.60	7.60	0
7	7.50	10.50	3.5
8	9.40	9.40	0
9	7.30	7.30	0
10	12.20	11.30	-0.9
	$\Sigma=115.9$	$\Sigma=118$	$\Sigma=2.6$

En el cuadro anterior, se puede observar que del total de las 10 muestras sometidas a conteo, en dos de ellas se produjo una variación, ya sea en aumento o disminución de la cantidad de dinero en soles, producto de un conteo inexacto. La muestra N° 7, sufre un aumento de S/ 7.5 a S/ 10.5, lo que genera un error en la cantidad de soles de S/ 3.5. La muestra N° 10, sufre una disminución de S/ 12.20 a S/ 11.30, lo que genera un error en la cantidad de soles de S/ -0.9. El resultado final, es un incremento en la cantidad total real de dinero que suman las 10 muestras (S/ 115.90) a S/ 118.00, con un error total en soles de S/ 2.6.

3.2.2. Muestras grupo experimental:

Se realizó el conteo utilizando el sistema de visión artificial con faja transportadora, obteniendo los siguientes resultados:



Figura 6. Muestra 01 grupo experimental



Figura 7. Muestra 02 grupo experimental



Figura 8. Muestra 03 grupo experimental



Figura 9. Muestra 04 grupo experimental

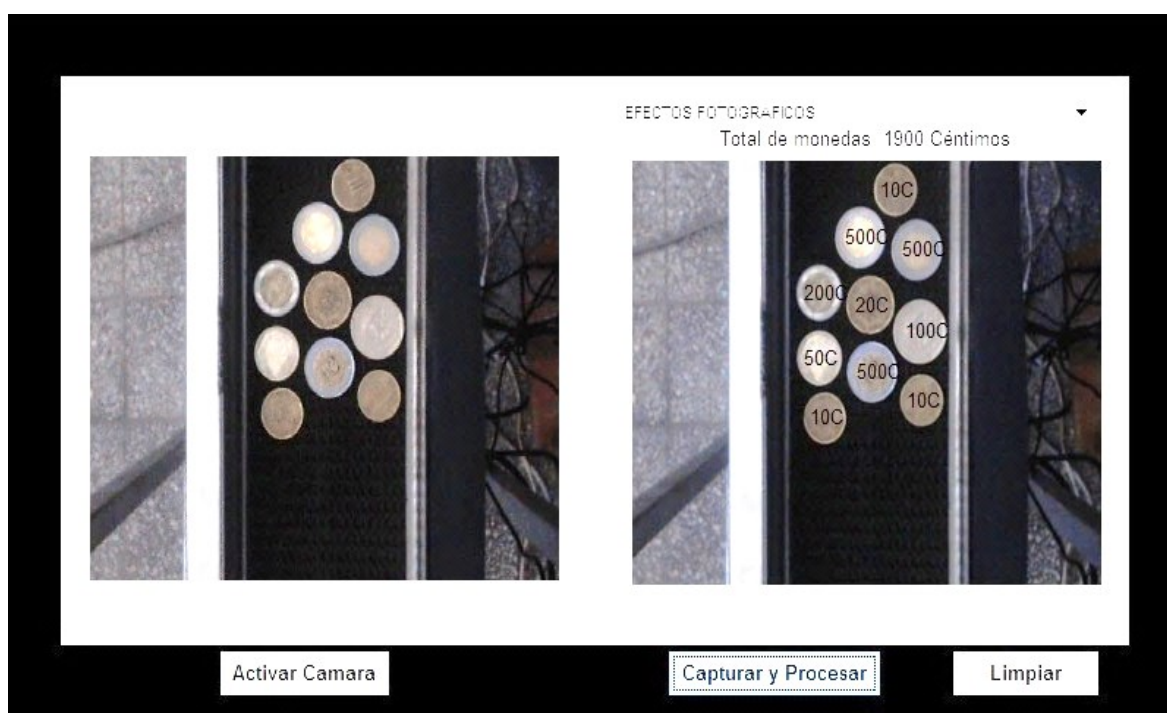


Figura 10. Muestra 05 grupo experimental

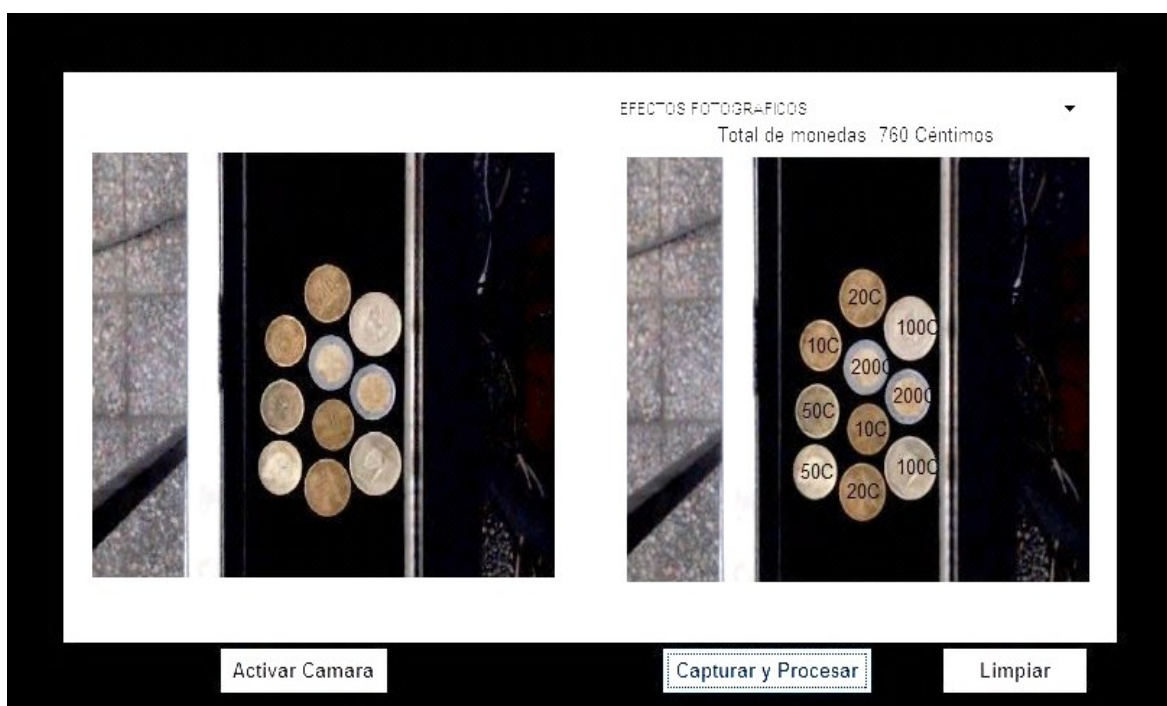


Figura 11. Muestra 06 grupo experimental

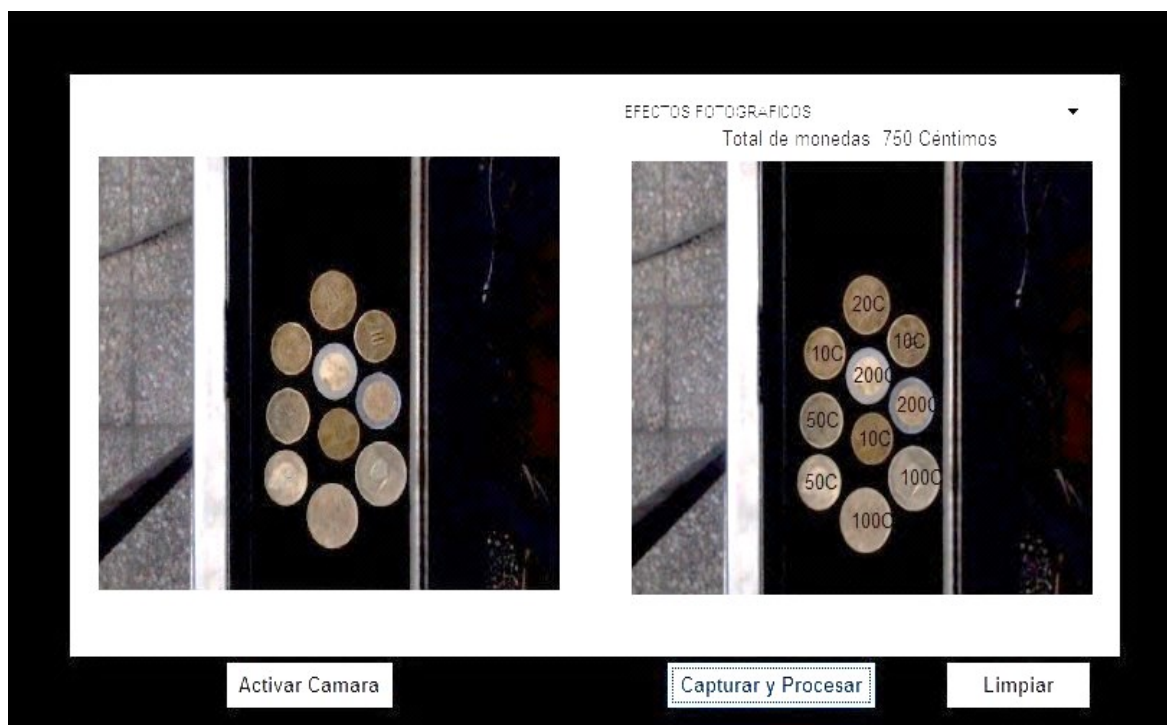


Figura 12. Muestra 07 grupo experimental



Figura 13. Muestra 08 grupo experimental

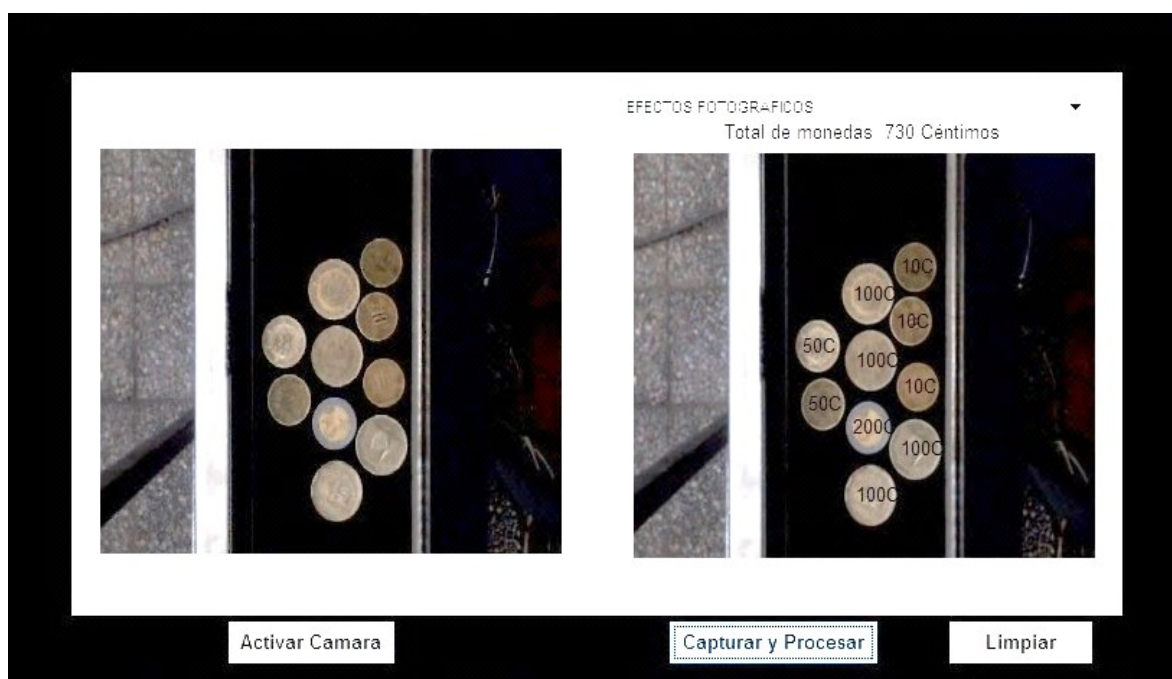


Figura 14. Muestra 09 grupo experimental



Figura 15. Muestra 10 grupo experimental

Al observar cada una de las muestras de esta sección (utilizando el sistema de visión artificial con faja transportadora), podemos observar que, cada uno de los cálculos y resultados obtenidos en cada muestra del grupo experimental, coinciden con cada una de las cantidades en soles de las diez muestras originales. De lo anterior se obtuvo el siguiente cuadro:

Tabla 5

Muestras grupo experimental

N° de conteos	Grupo experimental (con el sistema de visión artificial con faja transportadora)		
	Valor real en soles (S/)	Valor obtenido (S/)	Δ_e
1	11.90	11.90	0
2	11.50	11.50	0
3	14.50	14.50	0
4	15.00	15.00	0
5	19.00	19.00	0
6	7.60	7.60	0
7	7.50	7.50	0
8	9.40	9.40	0
9	7.30	7.30	0
10	12.20	12.20	0
	$\Sigma=115.9$	$\Sigma=115.9$	$\Sigma=0$

Se puede observar en el cuadro anterior que la sumatoria de las cantidades de las muestras originales coincide con la cantidad de dinero calculada en cada una de las muestras utilizando el Sistema de visión artificial con faja transportadora. Nótese también, que el error obtenido en el conteo de cada una de las muestras es igual a cero (0).

3.2.3. Comparación del error generado entre el conteo de monedas del grupo control, con el conteo de monedas del grupo experimental.

Al contrastar o realizar una comparación de los resultados obtenidos en los conteos de monedas tanto del grupo control y el grupo experimental, en lo que respecta al error generado, se puede observar en el siguiente cuadro:

Tabla 6

Resultados obtenidos en el grupo control y el grupo experimental, respecto al error generado en el conteo. Los datos han sido extraídos de la Tabla N° 04 y la Tabla N° 05

Porcentaje de error generado en el conteo de monedas		
N° de conteos	Grupo control (forma manual)	Grupo experimental (con el sistema de visión artificial con faja transportadora)
	Δ_e	Δ_e
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	3.5	0
8	0	0
9	0	0
10	-0.9	0
	$\Sigma=2.6$	$\Sigma=0$

Asimismo, se generó el siguiente gráfico comparativo:

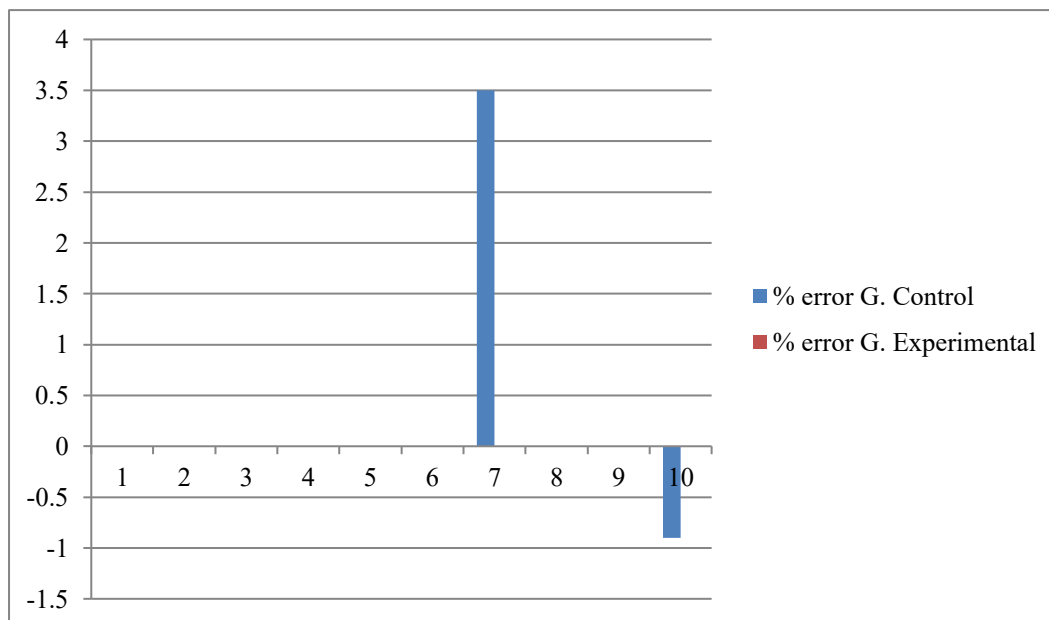


Gráfico 1. Resultados obtenidos en el grupo control y el grupo experimental, respecto al error generado en el conteo

3.3. Prueba de hipótesis

Para realizar la prueba de hipótesis se aplicará el método t-student, ya que contamos con 10 muestras del grupo control y 10 muestras del grupo experimental.

3.3.1. Hipótesis alternativa (h_1): Con la utilización de un Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora, mejorará el Proceso de Conteo de Monedas, en la Provincia de San Martín.

De la Hipótesis Alternativa, podemos plantear que $h_1: \mu_e < \mu_c$

3.3.2. Hipótesis nula (h_0): Con la utilización de un Sistema de Visión Artificial con Faja Transportadora, no mejorará el Proceso de Conteo de Monedas, en la Provincia de San Martín

De la Hipótesis Nula, podemos plantear que $h_0: \mu_e \geq \mu_c$

▪ **Prueba t-student:**

Para realizar la prueba t – student, contamos con 10 muestras del grupo control y 10 muestras del grupo experimental, por lo tanto los grados de libertad son igual 18. Si tenemos un valor de significancia de α igual a 0,001 (utilizamos este valor, debido a que los cálculos realizados con el sistema de visión artificial con faja transportadora, tienen una alta exactitud), o valor de probabilidad del 99%.

El valor tabulado de Z se busca en la tabla siendo $Z = 2,878$ para una sola cola. Entonces tenemos:

Tabla 7

Valores calculados utilizando t-student

Muestra	Conteo manual	Sistema de visión artificial con faja transportadora
Media	0.26	0
Varianza	1.376	0
Observaciones	10	10
Varianza agrupada	0.688	
Grados de libertad	18	
Estadístico t	0.700913026	
P($T \leq t$) una cola	0.246159802	
Valor crítico de t (una cola)	2.878440473	

Se observa en la tabla de valores calculados utilizando t-student, que el estadístico t, o la t calculada es igual a 0.7, entonces es menor a Z encontrado en la tabla de Z igual a 2,878. Por lo tanto, la t calculada se encuentra en la zona de rechazo de la hipótesis nula.

3.4. Análisis de regresión y correlación.

Para realizar el análisis de regresión y correlación, se tomaron muestras del tiempo de conteo del grupo experimental y del grupo control, obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 8

Tabla de toma de muestras de la variable dependiente “y”

Nº conteos	Tiempo de conteo de monedas en la faja transportadora	Tiempo de conteo de monedas de forma manual
1	2.37	6.10
2	2.43	6.66
3	2.66	7.66
4	2.26	6.44
5	2.63	7
6	2.51	7.04
7	2.62	6.81
8	2.42	6.58
9	2.49	5.27
10	2.39	5.53
	$\Sigma = 24.78$	$\Sigma = 65.09$

Para este caso la relación matemática que obtendremos será una aproximación lineal cuya fórmula es $Y = aX - b$, donde X es sistema de visión artificial con faja transportadora, e Y es proceso de conteo de monedas. Procesando los datos, obtendremos la siguiente aproximación:

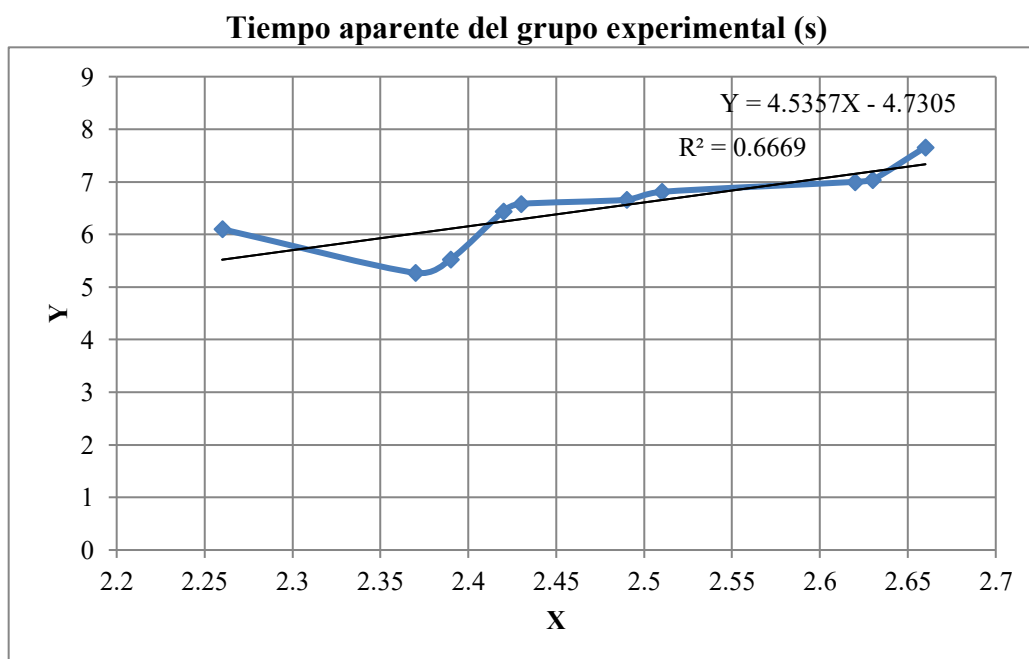


Gráfico 2. Grafica de la dispersión de X

Se observa que la ecuación es $Y=4.53X - 4.73$. De esta recta se puede precisar que el cambio del proceso de conteo de monedas, en la provincia de San Martín” por cada unidad de la provincia de San Martín” por cada unidad de sistema de visión artificial con faja transportadora” es de 4.53

También de la recta se indica que el punto donde se interceptan proceso de conteo de monedas, en la provincia de San Martín” cuando sistema de visión artificial con faja transportadora” es cero, es de 4.53.

La fuerza de asociación lineal entre proceso de conteo de monedas, en la provincia de San Martín” y sistema de visión artificial con faja transportadora”, es de $R = 0,8186$.

3.5. Discusión de resultados

A partir de los hallazgos obtenidos, se acepta la hipótesis alternativa que establece que existe relación de dependencia entre proceso de conteo de monedas, en la provincia de San Martín y sistema de visión artificial con faja transportadora.

Estos resultados guardan relación con la tesis que corresponde a Sánchez Asmat, J. A. (2014) en, Sistema de reconocimiento y seguimiento de objetos en tiempo real a través de visión artificial. El autor de esta investigación, aplica un método para reconocer imágenes en función de sus formas, utilizando técnicas de procesamiento de imágenes, y que para ello utiliza un mecanismo que lleva acoplada una cámara web.

También guarda relación con la investigación que corresponde a Lozano Mantilla, G. A., & Orduz Rodríguez, J. J. (2015) en, Diseño de un sistema de visión artificial para la revisión del nivel de llenado de bebidas embotelladas. Se relaciona con esta investigación, ya que utiliza una faja transportadora para generar movimiento. Además, utiliza una cámara para obtener imágenes que pasan por la faja transportadora.

CONCLUSIONES

Se evaluó el proceso de conteo de monedas de 10 muestras, obteniendo en el grupo control (forma manual) un promedio de margen de error igual a 2.6, mientras que con el grupo experimental que utiliza el sistema de visión artificial con faja transportadora el promedio de margen de error fue igual a cero (0). Esto se puede comprobar en la tabla 6.

Se implementó con éxito el sistema de visión artificial con faja transportadora. Para ello se interconectó y se instaló entre sí, varios tipos de componentes los cuales funcionaron óptimamente. Estos fueron del tipo electrónicos (computador, web cam hd), eléctricos (faro led), mecánicos (motor monofásico, faja transportadora), software a medida para visión artificial (se desarrolló el código fuente necesario y suficiente que se encargara de procesar la información proveniente de la cámara de video, en el computador. Este software fue desarrollado en el lenguaje de modelado matemático matlab versión r2013b). Asimismo se elaboró el diagrama de flujo de datos del sistema de visión artificial con faja transportadora, a fin de dar una explicación funcional del mismo. Se llevaron a cabo varias pruebas, a fin de comprobar el óptimo funcionamiento del sistema de visión artificial con faja transportadora, de las cuales se extrajeron 10 muestras para su evaluación. Cabe destacar que al realizar las pruebas con el sistema de visión artificial con faja transportadora el tiempo total de conteo para las 10 muestras fue de 24.78 segundos (inferior al obtenido en el conteo de forma manual) mientras que al realizar el conteo de forma manual se obtuvo un tiempo de total (para las 10 muestras) de 65.09 segundos.

Se determinó la relación entre el sistema de visión artificial con faja transportadora y el proceso de conteo de monedas en la provincia de San Martín, obteniendo la ecuación $Y=4.53X-4.73$ con un grado de relación $R=0.8186$.

Se observa que al aplicar la prueba t-Student con un alfa igual a 0,001, la t calculada obtenida igual a 0.7 que viene a ser menor que Z encontrada en la tabla cuyo valor es igual a 2.878 encontrándose en la zona de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto aceptando la hipótesis alternativa que es, con la utilización de un sistema de visión artificial con faja transportadora, mejorará el proceso de conteo de monedas, en la provincia de San Martín.

RECOMENDACIONES

En el futuro se pueden realizar investigaciones relacionadas a la detección de objetos que se transportan en una faja transportadora, utilizando también para ello un sistema de visión artificial.

También se podrán en el futuro realizar otras investigaciones que generen otros tipos de herramientas para organizaciones que realizan conteo de monedas.

La distancia aproximada más óptima a la que se debe colocar la cámara de video para captar la imagen, es de 32 centímetros por encima de la faja transportadora.

Es importante tener en cuenta la cantidad de intensidad de luz que se utiliza, ya que su aporte al sistema es muy significativo, pues de ella depende que la cámara detecte correctamente el objeto en estudio

Se podrían considerar para futuras investigaciones relacionadas a esta, los siguientes algoritmos de reconocimiento de patrones, con aprendizaje automatizado:

- **Algoritmo filtro pasa bajo**

Un filtro paso bajo es un filtro que permite las señales situadas por debajo de una frecuencia de corte (conocida como banda de paso) y atenúa las señales situadas por encima de la frecuencia de corte (conocida como banda de atenuación). Al eliminar algunas frecuencias, el filtro crea un efecto de suavizado. Es decir, el filtro produce cambios lentos en los valores de salida para facilitar la observación de tendencias y aumentar la proporción de señal a ruido con una degradación mínima de la señal.

Los filtros pasos bajo, en especial los filtros de media móvil o los filtros de Savitzky - Golay, se utilizan a menudo para limpiar las señales, calcular los promedios de las señales, diseñar y descubrir patrones importantes. A continuación, se presenta el algoritmo, codificado en MatLab:

```
clear all, close all, clc
i=0;
j=0;
%Centered image in 0,0 to make it symmetric
for u=-1:.05:1
i=i+1;
for v=-1:.05:1
j=j+1;
```

```

D(i,j)=sqrt(u^2+v^2);
if D(i,j)<=.5 %where .5 is cutoff frequency
H(i,j)=1;
else

H(i,j)=0;
end
end
j=0;
end
H1=fftshift(H);

subplot(121);imshow(H);
subplot(122),surf(H)

```

▪ Algoritmo filtro gaussiano con ventana n=7

Es un algoritmo que intenta identificar patrones a través de la disminución de ruido producido por los circuitos electrónicos o ruido de los sensores por falta de iluminación y/o altas temperaturas. A continuación, se presenta el algoritmo, codificado en MatLab:

```

%% Gauss Simple Filter with n=7 window (matrix) & sigma^2=2
clear all, close all, clc
jj=0;
ii=0;
for i=-3:1:3%Creating a n=7 window Gaussian
}ii=ii+1;
for j=-3:1:3
jj=jj+1;
G(ii,jj)=exp(-(i^2+j^2)/(2*2));
end
jj=0;
end
ii=0;
%here G are real Values

G1=round(G);%here G1 are "int" Values of the Gaussian
subplot(121),imshow(G)
subplot(122),surf(-3:3,-3:3,G)
k=1/G(7,7); %we analyze k1 value to make it then integer Gaussian
k1=round(k);

for i=-3:1:3%Creating a n=7 window with k1 value to make Gaussian integer
ii=ii+1;
for j=-3:1:3
jj=jj+1;
G(ii,jj)=k1*exp(-(i^2+j^2)/(2*2));
end
jj=0;

```

end

```
G1=round(G);
subplot(121),imshow(G)
subplot(122),surf(-3:3,-3:3,G)
```

▪ **Algoritmo filtro frecuencial pasa - alto**

El algoritmo filtro pasa-alto como su nombre lo dice, trata de identificar los patrones de alta frecuencia. A continuación, se presenta el algoritmo, codificado en MatLab:

```
clear all, close all, clc
i=0;
j=0;
%Centered image in 0,0 to make it symmetric
for u=-1:.05:1
    i=i+1;
    for v=-1:.05:1
        j=j+1;
        D(i,j)=sqrt(u^2+v^2);

        if D(i,j)>.5 %where .5 is cutoff frequency
            H(i,j)=1;
        else
            H(i,j)=0;
        end
    end
end

j=0;
end
H1=fftshift(H);
subplot(121),imshow(H);

subplot(122),surf(H)
```

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bueno Monge, D. (2012). Reconocimiento de Objetos en 3D Utilizando Sensores de Visión y Profundidad de Bajo Coste. (Tesis de Maestría). Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Morales Flores, C., & Nava Núñez, I. (2015). Detector Automático de Franqueamiento de Señal de Maniobra para el Sistema de Transporte Colectivo Metro Mediante Algoritmos de Visión Artificial (Tesis de Grado). Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México
- Sánchez Asmat, J. A. (2014). Sistema de Reconocimiento y Seguimiento de Objetos en Tiempo Real a Través de Visión Artificial (Tesis de Grado) .Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Castillo Ortiz, J. (2015). Sistema de visión artificial humanoide para reconocimiento de formas y patrones de objetos, aplicando redes neuronales y algoritmos de aprendizaje automático (Tesis de Grado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Lozano Mantilla, G. A., & Orduz Rodríguez, J. J. (2015). Diseño de un Sistema de Visión Artificial Para la Revisión del Nivel de Llenado de Bebidas Embotelladas (Tesis de Grado). Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia
- Arboleda Sepúlveda, O. (1973). El concepto de Sistema y el Sistema Interamericano de Información para las ciencias agrícolas. Turrialba, Costa Rica. : Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola - IICA-CIDIA
- Pérez Vega, C. (2015). Luz y Visión. Departamento de Ingeniería de Comunicaciones. Universidad de Cantabria. Santander, España. Recuperado de <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/LUZ%20Y%20VISION.pdf>
- Merelo Guervós, J.J. (1995). Mundos Artificiales. Granada, España: Miguel A. Graciani...
[Et al.] (Editores) – [Cuenca]. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

- Monsó i Bustió, J. (1994). Sistemas de Identificación y Control Automáticos (II): *Sistemas de Control del Flujo Físico*. Barcelona, España: Marcobombo, Boixareu Editores.
- Boletín FIA USMP (2004). Transporte de Materiales. Recuperado de http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info16/transporte_materiales.htm
- Bueno, G. & Dorado, J. (4ta edición) (2007). Gestión, procesado y análisis de imágenes biomédicas. Quito, Ecuador: Ediciones de la Universidad de Castilla-la mancha.
- Pasariello, G., & Mora, F (1ra Edición) (1995). Imágenes médicas: Adquisición, análisis, procesamiento, interpretación. Estado de Miranda, Venezuela: EQUINOCCIO, Ediciones de la Universidad Simón Bolívar
- Sardar, Z., Ravetz, J., & Van Loon, B. (1999). Matemáticas Para Todos. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica S.A.
- Hibbeler, R. C. (10ma Edición) (2004). Mecánica Vectorial Para Ingenieros: Estática. Guadalajara, México: Editorial Pearson Educación.
- Chacón Murguía, M. I., Rodríguez Sandoval, R., & Vega Pineda, J. (1ra Edición) (2015). Percepción Visual Aplicada a la Robótica. Ciudad de México, México: Alfaomega Grupo Editor S.A.
- Luzardo, G. (2009). Segmentación de imágenes basada en etiquetación de píxeles. Blog de Investigación en Multimedia y nuevas tecnologías. Recuperado de <http://blog.espol.edu.ec/gluzardo/2009/04/10/segmentacion-de-imagenes-basada-en-etiquetacion-de-pixeles>
- Barrientos Valerio, J. A. (1ra Edición) (1986). Introducción a la Estadística inferencial. San Juan, Costa rica: Editorial Universidad a Distancia.
- Mallea, A., Herrera, M., & Ruíz, A.M. (1ra Edición) (2003). Estadística en el nivel polimodal: Propuesta didáctica en las distintas modalidades. San juan, Argentina: Editorial Universidad Nacional de San Juan.