



DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS EN AMBIENTES
CERRADOS PARA PERSONAS CON CEGUERA TOTAL EN SAN JUAN DE
PASTO

JUAN GABRIEL FRANCO GUERRERO

PROHIBIDA SU COPIA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2018



DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS EN AMBIENTES
CERRADOS PARA PERSONAS CON CEGUERA TOTAL EN SAN JUAN DE
PASTO

JUAN GABRIEL FRANCO GUERRERO

Trabajo de Proyecto de investigación para optar al Título de
Ingeniero Electrónico

Asesor

OSCAR RODRÍGUEZ BASTIDAS

Msc. Ing. en Electrónica

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO

2018



NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado 1

Firma del Jurado 2

San Juan de Pasto, abril de 2018.



PROHIBIDA SU COPIA

Toda la alabanza, el honor y la gloria sean para Él Señor. Nuestro Padre Dios Todopoderoso, el arquitecto de todo lo creado. Gracias Dios por regalarnos la capacidad de discernir y dilucidar en los conceptos maravillosos de la ciencia.

Juan Gabriel Franco Guerrero



AGRADECIMIENTOS

Agradezco

A Nuestro Padre Dios por la salud y la vida que nos ha dado para que la administremos con sabiduría en cada una de las oportunidades que nos brinda, y por las bendiciones que nos provee a cada instante.

A mi Mamá Mercedes Del Socorro Guerrero Melo por la vida y por su entrega para la formación de los más sólidos valores y virtudes, desde su sencillez y humildad me ha enseñado con experiencia de vida y con consejos seguir adelante con mis sueños y metas por alcanzar.

A mi compañera sentimental Dra. Gina Paola Rojas Garzón por apoyarme incondicionalmente y brindarme la fortaleza para poder obtener los logros que me he propuesto, en el camino de mi formación personal y profesional y así seguir luchando día a día para lograr un mejor futuro.

A los diferentes docentes y funcionarios del programa de ingeniería electrónica, por toda su buena disposición durante todo el transcurso del pregrado y por la formación profesional recibida.

A mi asesor técnico Mg. Ing. Oscar Rodríguez Bastidas por su colaboración, gran amabilidad, disposición y motivación para llevar a correcto término el presente proyecto.

Al Rector QEPD. Tito Jaime Colunge, A la Vicerectora académica, Constanza Eugenia Colunge, A la coordinadora de la facultad de ingeniería Ing. Sandra Milena Cordoba, al decano de la facultad de ingeniería electrónica Ing. Fredy Armandó Romero, a la Asesora metodológica Martha Yaneth Romero Rodríguez y a cada uno de mis familiares y compañeros de estudios, personas que creyeron y ayudaron para alcanzar este maravilloso logro, que con orgullo recibo como una meta más cumplida en mi vida.



CONTENIDO

RESUMEN ANALÍTICO DE ESTUDIO – RAE.....	¡Error! Marcador no definido.
1 INTRODUCCIÓN	20
2 TÍTULO.....	21
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	22
3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
3.3 JUSTIFICACIÓN.....	23
4 OBJETIVOS.....	24
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
5 MARCO REFERENCIAL	25
5.1 MARCO CONTEXTUAL	25
5.2 MARCO TEÓRICO.....	28
5.3 ANTECEDENTES.....	29
5.3.1 Espacios de color.....	32
5.3.2 RGB.....	33
5.3.3 YUV	35
5.3.4 Espacio invariante a la iluminación.....	37
5.3.5 Método de mínimo cuadrados.....	38
5.4 MARCO CONCEPTUAL.....	40
5.5 MARCO LEGAL	45
5.6 MARCO TECNOLÓGICO.....	46
6 DISEÑO METODOLÓGICO	50
6.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	50
6.2 ENFOQUE	51
6.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	51
6.4 MÉTODO INVESTIGATIVO.....	52
7 RESULTADOS	53
CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. RGB tridimensional	34
Figura 2 Código de colores 3D	35
Figura 3. Rotación de ejes	36
Figura 4. Mínimos cuadrados	40
Figura 5. Imagen con sombra	56
Figura 6. Figura binarizada.	57
Figura 7. Sombra	58
Figura 8. Imagen binarizada	59
Figura 9. Imagen con reflejo	60
Figura 10. Imagen binarizada	61
Figura 11. División de la imagen	63
Figura 12. Diagrama de flujo (Principal)	68
Figura 13 Diagrama de flujo función mínimos cuadrados	71
Figura 14 Diagrama de flujo detector bordes	72
Figura 15. Diagrama de flujo dividir	73
Figura 16 Diagrama flujo contorno libre	74
Figura 17 Distribución de intensidad	75
Figura 18. Imagen de prueba 1	76
Figura 19. Resultado detección camino libre	76
Figura 20 Imagen de prueba 2	77
Figura 21 Resultado de la imagen prueba camino libre	77
Figura 22 Imagen de prueba 3	78
Figura 23 Resultado de imagen camino libre	79
Figura 24. Imagen prueba pared falso camino	79
Figura 25. Resultado presentado falso camino	80
Figura 26. Imagen prueba 1	81
Figura 27. Resultado imagen	81
Figura 28. Imagen de prueba 2	82
Figura 29. Resultado camino libre y remarcado obstáculo	82
Figura 30. Imagen de prueba	83
Figura 31 Resultado camino libre y detección obstáculo	83
Figura 32. Imagen de pared	84
Figura 33. Falso camino y detección de borde obstáculo	84
Figura 34. Evaluación de tiempo del algoritmo	85
<i>Figura 35 Tiempo imagen ampliada</i>	86
Figura 36 Tiempo imagen disminuida	87
Figura 37 Tiempo sin funciones de Matlab	88



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas de la cámara

62

PROHIBIDA SU COPIA



RESUMEN ANALÍTICO DE ESTUDIO – RAE

PROGRAMA ACADÉMICO: Ingeniería Electrónica

FECHA DE ELABORACIÓN DEL RAE: Abril 2018

AUTORES: JUAN GABRIEL FRANCO GUERRERO

ASESOR TEC: Ing. Oscar Rodríguez Bastidas.

ASESOR MET: Martha Romero Rodríguez.

TITULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS EN AMBIENTES CERRADOS PARA PERSONAS CON CEGUERA TOTAL EN SAN JUAN DE PASTO.

PALABRAS CLAVES:

Ceguera: “es una diversidad funcional de tipo sensorial que consiste en la pérdida total o parcial del sentido de la vista. Existen varios tipos de ceguera parcial dependiendo del grado y tipo de pérdida de visión, como la visión reducida, el escotoma, la ceguera parcial (de un ojo) o el daltonismo”¹.

Cuerpos rígidos: “se define como aquel que no sufre deformaciones por efecto de fuerzas externas, es decir, un sistema de partículas cuyas posiciones relativas no cambian. Sin embargo, las estructuras y máquinas reales nunca son absolutamente rígidas y se deforman bajo la acción de cargas que actúan sobre ellas. Un cuerpo rígido es una idealización, que se emplea para efectos de estudios de Cinemática, ya que esta rama de la Mecánica, únicamente estudia los objetos y no las fuerzas exteriores que actúan sobre ellos”².

Sensor ultrasonido: “es un detector de proximidad funciona mediante la transmisión de una ráfaga de ultrasonido en una frecuencia muy por encima del rango auditivo humano y provee un pulso de salida, el cual corresponde con el tiempo requerido por el eco (rebote) para retornar hasta el sensor sin necesidad de que este tenga

¹ Colaboradores de Wikipedia. *Ceguera* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018-Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ceguera&oldid=106945295>>.

² Colaboradores de Wikipedia. *Cuerpo rígido* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cuerpo_r%C3%ADgido&oldid=96714987>.



contacto físico con el objeto y ofrece la posibilidad de detectar objetos frágiles desde pocos centímetros hasta 6 metros”³. Su nombre proviene del funcionamiento que este elemento electrónico posee, ya que su principal tarea es emitir un sonido que rebotará en cualquier objeto que no se encuentre a más de seis metros de distancia.

Sistema de referencia: “es un conjunto de convenciones usadas por un observador para poder medir la posición y otras magnitudes físicas de un sistema físico y de mecánica. Las trayectorias medidas y el valor numérico de muchas magnitudes son relativas al sistema de referencia que se considere, por esa razón, se dice que el movimiento es relativo. Sin embargo, aunque los valores numéricos de las magnitudes pueden diferir de un sistema a otro, siempre están relacionados por relaciones matemáticas tales que permiten a un observador predecir los valores obtenidos por otro observador”⁴.

Orientación: “Orientación es la acción de ubicarse o reconocer el espacio circundante (orientación espacial) y situarse en el tiempo (orientación temporal). La palabra orientación proviene de la palabra "oriente" (el punto cardinal Este, por donde sale el sol). También está la orientación en el modo deportivo. La orientación es un deporte en el que cada participante realiza una carrera individual o colectiva cronometrada con ayuda de un mapa”⁵

Posición: “En física, la posición de una partícula indica su localización en el espacio o en el espacio-tiempo. Se representa mediante sistemas de coordenadas”⁶.

Procesamiento digital de imágenes: “Es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes cuyo objetivo fundamental es obtener, a partir de una imagen origen otra final, cuyo resultado sea más adecuado para una aplicación específica mejorando ciertas características de la misma que posibilite efectuar operaciones de

³ RAMOS, Arely. Ultrasonic view. (23.08.2016,10:30p.m) Disponible en:http://www.optica.inaoep.mx/tecnologia_salud/2016/documentos/memorias/MyT2016_119_E.pdf

⁴ Colaboradores de Wikipedia. *Sistema de referencia* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_referencia&oldid=107126721>.

⁵ Colaboradores de Wikipedia. Orientación [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2018]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Orientaci%C3%B3n&oldid=107317712>>.

⁶ Colaboradores de Wikipedia. Posición [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2018]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Posici%C3%B3n&oldid=107190062>>.



procesamiento sobre ella. El procesamiento de las imágenes se puede hacer por medio de métodos ópticos, o bien por medio de métodos digitales, en una computadora”⁷. Este medio facilita obtener la mayor cantidad de información de una imagen haciendo su respectivo tratamiento que consiste en mejorar la calidad de la imagen.

Matlab: “(abreviatura de MATrix LABoratory, "laboratorio de matrices") es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux”⁸. Es un software que presenta una interfaz factible para su manejo, ofreciendo variedad para la utilización de herramientas con el fin de efectuar pruebas de simulación, solución de problemas matemáticos y aplicaciones en lenguaje de programación.

Filtros Gaussianos: “Modela el ruido producido por los circuitos electrónicos o ruido de los sensores por falta de iluminación y/o altas temperaturas”⁹. La tecnología implementada mediante estos filtros, se aplica funcionalmente a la hora de adquirir información con respecto a una imagen, permitiendo que estos reduzcan los ruidos que se ocasionan al momento de realizar el procedimiento de la imagen.

Realidad aumentada: “es el término que se usa para definir una visión a través de un dispositivo tecnológico, directa o indirecta, de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real. Consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, añadir una parte sintética virtual a lo real. Esta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que sob reimprime los datos informáticos al mundo real”¹⁰. Para lograr entender este tipo de tecnología se debe caracterizar la diferencia que implica el término de sobrescribir y no reemplazar la parte física real, ya que en este tipo de avance tecnológico lo que se pretende es fusionar la información captada del medio real con la virtual y buscar que esta fusión se interprete por el cerebro humano como algo que está sucediendo en tiempo real.

Sistemas de información: “Un sistema de información (SI) es un conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos e información,

⁷ OROZCO, Delia. Procesamiento digital de imágenes. (20.09.2016,10:00 a.m.). Disponible en: <http://cauchemarg.blogspot.com.co/2013/11/51-procesamiento-de-imagenes.html>

⁸ DEIOC, Nereida. Matlab. (23.08.2016,12:00a.m.). Disponible en:<http://nereida.deioc.ull.es/~pcgull/ihiu01/cdrom/matlab/contenido/node2.html>

⁹ PROAKIS, John G., et al. Tratamiento digital de señales. Pearson Educación, 2007.

¹⁰ Realidad aumentada. Disponible en:http://sacosta.org/ra/realidad_aumentada.html.



organizados y listos para su uso posterior, generados para cubrir una necesidad o un objetivo”¹¹.

Matrices: “Es un conjunto de elementos (números) ordenados en filas y columnas, para designar una matriz se emplean letras mayúsculas. Cada uno de los elementos de la matriz (a_{ij}) tiene dos subíndices. El primero i indica la fila a la que pertenece y el segundo j la columna”¹². Las matrices son de gran aporte a la hora de realizar cálculos de ecuaciones lineales y con estas mismas se puede realizar varios tipos de operaciones como son suma, resta, multiplicación y división lo que hace que sean claves en el campo del algebra lineal y matemático.

DESCRIPCIÓN

En el documento se describe un método para detectar objetos en ambientes cerrados para ello utiliza una cámara que es utilizada para digitalizar el ambiente y posterior a esto se realiza un tratamiento de imágenes. El primer paso es dividir la cámara en 6 subimágenes esto con el fin de evaluar la presencia de un objeto, posterior a esto se emplea un algoritmo que convierte la imagen en binaria y calcula el área de esta, finalmente compara el área de cada imagen para determinar un camino libre.

CONTENIDO

Este documento se encuentra dividido en capítulos y subcapítulos. En el primer capítulo se define el título del proyecto, en el segundo se encuentra el planteamiento del problema el cual describe la problemática, como también la justificación del porque se debe llevar a cabo el desarrollo de este proyecto, en el tercer capítulo se evidencia el marco referencial y se subdivide en subcapítulos iniciando con marco contextual en el que se describe el contexto en que se desarrolla el proyecto, continua el marco teórico evidenciando los antecedentes y teorías que afianzan el desarrollo del proyecto y finalmente marco conceptual donde se conceptualizan las palabras claves en este desarrollo, el cuarto capítulo se presenta los aspectos metodológicos y capítulo quinto presenta los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo.

¹¹ Sistema de información. Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informaci%C3%B3n

¹² Materiales didácticos. Disponible en:
http://recursostic.educacion.es/descartes/web/materiales_didacticos

/matrices/matrices_definicion_y_tipos.htm(25.08.2016,10:30a.m)



METODOLOGÍA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación en la que se enmarca este trabajo es “DISEÑO Y MODELADO DE SISTEMAS Y EQUIPOS ELECTRÓNICOS” en la cual según CIDAE menciona lo siguiente:

Uno de los objetivos principales del Ingeniero Electrónico es el diseño de sistemas y equipos electrónicos, que tengan como finalidad la solución de un problema o el mejoramiento de procesos y de la maquinaria existente dentro de los diferentes campos de acción de la electrónica. Para ello es Prototipos de Sistemas y equipos para control y automatización de procesos industriales y de potencia. Prototipos de Sistemas y equipos para Redes y Telecomunicaciones. importante pensar en el contexto en el que se desarrolla un proyecto de esta índole, costos, materiales, eficiencia y demás parámetros que llevan a conseguir un producto final eficiente y eficaz. En la línea de investigación de diseño de sistemas y equipos electrónicos, se distinguen dos vertientes diferenciadas que se han venido desarrollando en la Facultad, el diseño digital y el diseño analógico, o bien, la combinación de ellas en algunas implementaciones electrónicas. Para el diseño, se tiene como concepto general el uso de las artes aplicadas a un contexto de desarrollo específico como en este caso es la tecnología y específicamente la electrónica y los fundamentos eléctricos asociados al objeto de estudio que son los dispositivos eléctricos, electrónicos y los sistemas informáticos asociados a ellos. De acuerdo a las áreas de diseño electrónico posibles, se ha creado unas sublíneas de investigación donde se le otorga un campo de acción específico a cada investigación.¹³

Este trabajo se enmarca en la anterior línea sustentada debido a que el prototipo que se implementó cuenta con un mejoramiento a un sistema convencional de desplazamiento como lo es una silla de ruedas, se adiciona un sistema de control el cual permite la manipulación del sistema.

ENFOQUE

Según Dym y Little “El enfoque cuantitativo. Emplea la recolección y el análisis de los datos, elementos constitutivos del método científico para contestar las preguntas de investigación y probar hipótesis, confía en la medición numérica, el conteo y

¹³ CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE NARIÑO. Líneas Investigación disponible en internet: <http://cidae.aunar.edu.co/index.php/home/lineas-de-investigacion>. (20.09.2016; 11:00 a.m.)



usualmente en la utilización de elementos estadísticos para poder establecer patrones de comportamiento de una población estudiada.”

En esta investigación se tiene un estudio delimitado con una pregunta de investigación definida, para llegar a afirmar la hipótesis se utiliza recolección de datos de variables que son objetos de estudio, estas son medibles y cuantificables.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de este trabajo está basado en la realización de diferentes experimentos que permita llevar a cumplir cada uno de los objetivos específicos para así poder responder la pregunta de investigación que enmarca la investigación.

La investigación experimental es un tipo de investigación que bien utiliza experimentos y los principios encontrados en el método científico. Los experimentos pueden ser llevados a cabo en el laboratorio o fuera de él. Estos generalmente involucran un número relativamente pequeño de personas y abordan una pregunta bastante enfocada. Los experimentos son más efectivos para la investigación explicativa y frecuentemente están limitados a temas en los cuales el investigador puede manipular la situación en la cual las personas se hallan.

En la mayoría de estos experimentos, el investigador divide a las personas objeto de la investigación en dos o más grupos. Los dos grupos reciben tratamientos idénticos, excepto que el investigador da a un grupo y no a los otros la condición en la que él está interesado: el tratamiento. El investigador mide las reacciones de ambos grupos con precisión. Mediante el control de las condiciones de ambos grupos y dándole el tratamiento a uno de ellos, puede concluir que las diferentes reacciones de los grupos son debidas únicamente al tratamiento del mismo.

MÉTODO

Para el estudio del presente proyecto se utilizó el método inductivo, la cual nos permitió obtener información precisa y veraz que sirvió como sustento teórico y técnico del proyecto de investigación.

“La característica de este método es que utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares, aceptados como válidos para llegar a conclusiones cuya aplicación es de carácter general”. Este trabajo se utiliza dicho método debido a que inicia en conclusiones generales para finalizar en las particulares.



CONCLUSIONES

En la revisión de la literatura se ha demostrado que la detección de obstáculos en ambientes cerrados es un campo que se ha realizado varias investigaciones desde diversos enfoques, pero aun el problema está abierto.

El tiempo que tarda en evaluar el algoritmo esta en 0.5 segundos, en este tiempo no se considera la toma de los 125 frames para el cálculo de la pendiente que determina el umbral. El tiempo es relativamente bajo considerando que debe realizar adquisición y detección de obstáculos mostrando en el video la detección de objeto.

El algoritmo implementado mostro que hace la detección de los obstáculos y encuentra camino libre con una buena eficiencia, pero tiene inconvenientes en que no puede determinar cuando la imagen es tomada a una pared, esta muestra un camino el cuan no se puede seguir.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldia de Bogota. [En línea] [Citado el: 23 de 8 de 2016.]

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=24295>.

ANETIF.ORG. [En línea] [Citado el: 7 de 3 de 2016.]

<http://www.anetif.org/files/pages/0000000034/09-bienestar-animal-para-operarios-de-matanza-en-rastros-de-cerdos.pdf>(7.03.2016, 8:37a.m).

Asociacion de Vecinos de Vellosillo. [En línea] [Citado el: 7 de 3 de 2016.]

<http://asociaciondevecinosdevellosillo.blogspot.com.co/2014/01/vuelve-la-matanza-del-cerdo-descripcion.html>(7.03.2016, 9:00a.m).

BlogSpot. [En línea] [Citado el: 12 de 7 de 2016.]

<http://mdignagmpasto.blogspot.com.co/2013/05/historia-del-municipio-de-pasto.html/>.

Cabrera, Mauricio. 2009. Manual de exploracion fisica aplicada a la clinica porcina. Ciudad de Mexico : UNAM, 2009.

Celebracion de la Matanza del cerdo. Ruiz, J. 2016. España : s.n., 2016.

Centro de Desarrollo de Investigacion Empresarial CIDAE Corporacion Autonoma de Nariño. 2005. San Juan de Pasto : s.n., 2005.

Concepto Definicion. [En línea] [Citado el: 24 de 8 de 2016.] <http://conceptodefinicion.de/método-deductivo/>.



DefinicionABC. [En línea] [Citado el: 22 de 08 de 2016.]
<http://www.definicionabc.com/general/simulacion.php>.

El Sitio Porcino. El sitio Porcino. [En línea] www.elsitioporcino.com/articulos/2610/sistema-circulatorio-del-cerdo/.

ElDiario. [En línea] [Citado el: 7 de 3 de 2016.]
<http://www.eldiario.com.co/seccion/ENFOKADOS/matada-de-marrano111230.html> .

Escolares.net. [En línea] [Citado el: 13 de 6 de 2016.] <http://www.escolares.net/fisica/sistema-de-coordenadas/>.

F Gil, G. Ramirez, M. Ayala, O. Lopez, R. Latorre, F. Martinez, C. Sanchez, A. Arencibia, M. Orenes, J. Vazquez. Universidad de Murcia. *Univerisdad de Murcia*. [En línea]
<http://www.um.es/anatvet/interactividad/acerdo/Anatom%EDa%20Interactiva%20del%20Cerdo.pdf>.

Gallego, Claudia. Blogspot. [En línea] [Citado el: 7 de 3 de 2016.] <http://claudiamgallego-carnicoss.blogspot.com.co/2011/07/sacrificio-del-ganado.html>.

Gobierno Federal de Mexico. 2017. *Proceso de Sacrificio y Faenado*. Mexico : Gobierno de Mexico, 2017.

Hernandez, Roberto. 1991. *Metologia de la Investigacion*. Colombia : Mc Graw Hill, 1991. Tercera Edicion.

K. Dyce, W. Sack | . 2005. *Anatomia Veterinaria* . s.l. : Manual Moderno , 2005.

Liebich, George. 2005. *Anatomia de los animales domesticos: textos y atlas en color*. s.l. : Editorial medica panamericana , 2005.

Manuel, Lopez. Jose Acosta. 2004. *Manual de introduccion a Matlab*. España : Sevilla, 2004.

Medineplus. [En línea] [Citado el: 14 de 08 de 2016.]
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002269.htm>.

Miquel Angel de Miguel Sanchez, Alberto Gutierrez. *Matanza del Cerdo* .

Molina, Nancy. La Salle. [En línea] <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/sv/article/view/1666>.

—. Revista La Salle. [En línea] revistas.lasalle.edu.ci/index.php/sv/article/view/1666.

Monica Florian, Luisa Hernandez, Maria Alba. *Anatomia y Fisiologia del cerdo*. [En línea]
es.calameo.com/read/001581397f52a0b8d13e3.

Portalturismo. [En línea] [Citado el: 12 de 6 de 2016.] <http://portalturismo.xn--vivedigitalnario-lub.com/es/geograf%C3%ADa/>.

Profesor Molina. [En línea] [Citado el: 13 de 6 de 2016.]
http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm.



Real Academia Española. [En línea] www.cresa.es/granja/pdf/Cerdos.pdf.

—. Cresa. [En línea] www.cresa.es/granja/pdf/Cerdos.pdf.

Restrepo, Laura. Slide Share. *Slide Share*. [En línea] [Citado el: 6 de 3 de 2016.] <http://es.slideshare.net/laurestrepo/httpintagobardocumentosduraciondelalactanciayparametrosproductivosdelmoduloexperimentalporcinodelcerlealesatmultidownloadfilelactanciapdfestapas-productivas-de-los-cerdos>.

RockWellautomation. [En línea] [Citado el: 13 de 6 de 2016.] <http://ab.rockwellautomation.com/es/Sensors-Switches/Ultrasonic-Sensors>.

Scribd. [En línea] [Citado el: 5 de 3 de 2016.] <http://es.scribd.com/doc/37207145/Proceso-de-Sacrificio-y-Beneficio-Del-Cerdo#scribd>.

SlideShare. [En línea] [Citado el: 5 de 03 de 2016.] <http://es.slideshare.net/humbtoreyesflores/sacrificio-de-cerdos>.

Toda Colombia. [En línea] [Citado el: 12 de 6 de 2016.] <http://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/narino.html> .

UCO. [En línea] [Citado el: 7 de 3 de 2016.] http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/29_10_31_Tema_50.pdf.

WordPress. [En línea] [Citado el: 13 de 6 de 2016.] <https://casteuah.wordpress.com/2011/12/16/40/> .

YouTube. [En línea] [Citado el: 6 de 3 de 2016.] <https://www.youtube.com/watch?v=XNh4daEfJLA>.

PROHIBIDA SU COPIA



1 INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios de la humanidad ha existido diversidad de enfermedades que afectan al cuerpo humano, una de estas es la ceguera la cual el órgano que afecta es el ojo y se presentada por diversas causas.

En la actualidad la población nariñense ha visto acrecentado los casos de invidencia, que han hecho necesaria la creación de un sistema que los ayude a adaptarse a un ambiente que no está pensado para ellos, permitiendo evitar la limitación de sus desplazamientos en ambientes específicos y ayudándoles a desarrollar sus funciones psicomotrices. Por ello se planteó esta investigación con el objetivo de construir un sistema que aporte soluciones efectivas para las personas con discapacidad visual. Se utilizaron tecnologías como los softwares, cámaras y los recursos necesarios para ubicar un objeto en un entorno cerrado y dar información sobre su distancia mediante información sonora y vibratoria. El proyecto tiene como fin establecer los parámetros de diseño y construcción, para la aplicabilidad en las personas con discapacidad visual total y así generar un aporte en los entornos cerrados para los cuales les es prioritario su movilidad.

Para la implementación se utilizó tanto de la parte física, representada en el hardware como en su componente lógico o programable, determinado en el software. También se realizaron pruebas correspondientes del sistema donde se verifico su funcionalidad y donde se dejar una puerta abierta, para que en el futuro los estudiantes de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño u otra universidad, se interesen y, así motivados por el desarrollo de este sistema, busquen la continuidad de este proyecto para beneficiar a la comunidad en general con alguna discapacidad visual.

Específicamente, para el desarrollo de este proyecto se implementó un sistema con una cámara, con el apoyo de un módulo software para realizar el análisis de la información.



2 TÍTULO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS EN AMBIENTES CERRADOS PARA PERSONAS CON CEGUERA TOTAL EN SAN JUAN DE PASTO.

PROHIBIDA SU COPIA



3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Existen varios tipos de ceguera total: producto de la genética (de nacimiento), por patología presentada o por accidente de cualquier índole. Produciendo esto que las personas que padecen algún efecto de esta clase tengan una exclusión frente a las demás personas que no padecen tal discapacidad, y que esto a su vez produce efectos que repercuten en su autoestima.

Una de las mayores dificultades que afrontan las personas con discapacidad visual total es el desplazamiento dentro de un ambiente cerrado, debido a que dentro de estos se encuentran objetos en diferente distribución, ocasionando así que una de las funciones que realizan los seres humanos como desplazarse, se convierta en una tarea difícil de realizar.

En algunos lugares de la ciudad a las personas no se les tiene en cuenta a la hora de movilizarse, ocasionando esto dificultades para desarrollar las actividades que ellos requieran. Por otra parte, se ha hecho evidente que dicha incapacidad es motivo de discriminación o rechazo social. Atendiendo a esta problemática se ha pensado en la creación de este dispositivo que facilite el desempeño seguro e independiente de las actividades de la vida diaria y productiva sin ocasionar algún tipo de accidente o inconveniente.

Por otra parte, en la actualidad se evidencia un número bajo de tecnologías y dispositivos desarrollados, con fines investigativos, para el apoyo de las actividades en las personas invidentes, no obstante, en muchos de los casos se continúa empleando el bastón blanco, ya tradicionalmente empleado.



Comercialmente, no se han desarrollado dispositivos que sean asequibles a la población que pertenece a esta localidad y además carecen tanto de recursos económicos, como de fácil acceso a las empresas que se enfocan en la fabricación y producción de dichos dispositivos. Por tales situaciones se busca efectuar la realización de este estudio para la población vulnerable.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo detectar obstáculos en ambientes controlados cerrados que faciliten la movilidad de una persona invidente?

3.3 JUSTIFICACIÓN

Uno de los sentidos más importantes para el ser humano es el sentido de la visión, razón por la cual, muchas personas se ven afectadas al perderlo, ya sea por enfermedad o circunstancia accidental. Este sentido está ligado con el cerebro, ya que, existe una comunicación bidireccional, que permite el envío de información hacia el mismo, permitiendo reconocer los diferentes obstáculos que se presentan en los ambientes cerrados.

Se desarrollarlo un sistema por la importancia de dar soluciones a la problemática que se plantea en la formulación del problema y de este mismo modo se hará un aporte de investigación y de implementación para la población que presenta discapacidad visual total. Contribuyendo con la región y permitiendo que estas personas sean tenidas en cuenta por los profesionales y por las organizaciones o empresas que desarrollan investigaciones científicas para tratar de mejorar su calidad de vida.



4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de detección de obstáculos en ambientes cerrados como contribución al proyecto movilidad para personas con ceguera total.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar el estado del arte de sistemas de detección de obstáculos en ambientes cerrados.

Digitalizar dinámicamente ambientes reales para obtener información del escenario.

Determinar una posible ruta para que la persona invidente pueda movilizarse sin tener algún inconveniente.



5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO CONTEXTUAL

“Colombia situada al noroeste de América del Sur, es el cuarto país en extensión de la región, con 1.141.748 kilómetros cuadrados. En este país se encuentra ubicado al sur oriente, el Departamento de Nariño, con una superficie de 33.265 kilómetros cuadrados, correspondientes al 2.9% de la extensión territorial del país políticamente dividido en 64 Municipios, cuenta con 67 resguardos indígenas y 56 consejos comunitarios”¹⁴.

Su capital San Juan de Pasto, está localizada al oriente de Nariño con una extensión territorial de 1.194 Kilómetros cuadrados, lo cual constituye el 3.58% de la extensión total del Departamento. Dista de la capital de la Republica en 759 Kilómetros y está ubicada a 2490 metros sobre el nivel del mar, en el Valle de Atroz al pie del volcán Galeras, con una temperatura promedio de 8 y 12 grados centígrados , 4 pisos térmicos y con promedio de clima frio. Limita al norte con la Florida, Chachagui y Buesaco, por el sur con el Departamento de Putumayo y Funes, por el oriente con Buesaco y el Departamento de Putumayo y por el occidente con Tangua, Consacá y la Florida. Su precipitación media anual es de 700 milímetros¹⁵

¹⁴ APRENDE, Colombia. Colombia aprende. (26.09.2016,4:00p.m). Disponible en: <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/familia/1597/w3-channel.html>

¹⁵ PASTO. División política de pasto. (20.08.2016,10:00a.m). Disponible en: <http://www.pasto.gov.co/index.php/...de.../105-despacho-2011>

Figura 1. Vista Panorámica de San Juan de Pasto



Fuente: <http://www.hotelamericanapasto.com/>

Los corregimientos que lo rodean son: El Encano, La Laguna, Nariño, Catambuco, las inspecciones de policía de Anganoy, Bajo Casanare, Buesaquillo, Cujacal, Mapachico, Obonuco, Mocondino, Santa Bárbara, Motilón, Santa Rosa.

Su relieve es muy variado presenta terrenos planos, ondulados y montañosos alberga ecosistemas de bosque alto Andino frecuentemente nublado, páramo, subpáramo y superpáramo, allí se originan fuentes únicas de abastecimiento de agua potable.

San Juan de Pasto está conectado hacia el norte por vía terrestre con Popayán y hacia el sur a 78 km de distancia con Ipiales en la frontera con la república del Ecuador a través de la carretera panamericana.

Para el transporte intermunicipal nacional terrestre existe un terminal en el que operan las principales empresas y por el cual pasan aproximadamente 2 millones de pasajeros al año.

También cuenta con el aeropuerto Antonio Nariño a 35 km de la ciudad, en la localidad cercana de Chachagui, ofrece conexiones nacionales a través de empresas aéreas colombianas como Avianca y Satena.

Figura. 2 División Administrativa del Municipio de Pasto



Fuente: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/familia/1597/articles-305953_pasto.pdf

En cuanto a la parte demográfica una de las características más importantes de la población es su migración del campo a la ciudad buscando mejores condiciones de vida, acrecentando por consiguiente las zonas marginales, produciendo mayor demanda de servicios públicos, empleo entre otros. La ciudad cuya población censada en 2005 era de 382.618 habitantes, es la segunda ciudad más grande



de la región pacífica después de Cali. La población estimada para el 2015 según datos de proyección del DANE es de 440.040 habitantes.

Se alude que sus habitantes económicamente en el sector urbano dependen del comercio, los servicios y la industria destacándose el procesamiento de alimentos y bebidas, las artesanías como talla en madera, barnices, muebles, cerámicas, que se caracterizan por su perfección y belleza. El rural depende de la agricultura y la ganadería, siendo los principales productos la papa, maíz, fique, cebolla, trigo, frijol; en el sector ganadero 13990 cabezas de ganado bovino, de las cuales 8.107 producen 72.936 litros de leche diarios¹⁶

La industria en el municipio es insipiente, está dedicada a la producción harinera, trilla de café, confección en cuero y tallada de madera. La construcción ha registrado un gran incremento en los últimos años. Su red vial cuenta con una terminal de transportes; se comunica por vía terrestre con todas las cabeceras municipales del Departamento, las capitales de los Departamentos vecinos, la capital de la República y la ciudad de Quito en la República del Ecuador.

5.2 MARCO TEÓRICO

El propósito de este documento es dar a conocer los diferentes tipos de tecnologías existentes que se han desarrollado hasta el momento para el beneficio de personas que padecen de invidencia, siendo estas un gran avance para la comunidad en general ya que ayudarán a disminuir en cantidad cualquier tipo de accidente que puedan sufrir o causar las personas invidentes.

¹⁶ ALCADIA DE PASTO, Op. Cit., p.3.



5.3 ANTECEDENTES

El Software lector de pantalla Jaws

“JAWS (acrónimo de Job Access With Speech) es un software lector de pantalla para ciegos o personas con visión reducida. Es un producto del Blind and Low Vision Group de la compañía Freedom Scientific de San Petersburgo, Florida, Estados Unidos. Su finalidad es hacer que ordenadores personales que funcionan con Microsoft Windows sean más accesibles para personas con alguna discapacidad relacionada con la visión. Para conseguir este propósito, el programa convierte el contenido de la pantalla en sonido, de manera que el usuario puede acceder o navegar por él sin necesidad de verlo”¹⁷.

El Bastón electrónico para ayudar a la movilidad de los invidentes fue creado por Eduardo Fernández y Científicos de la Universidad Miguel Hernández de Elche (España). Su fecha de creación fue el 02 julio de 2013.

Científicos han desarrollado un novedoso bastón electrónico para ayudar a la movilidad de los invidentes.

“El nuevo sistema emite un aviso que detecta objetos que supongan un peligro para la integridad de la persona, a través de un innovador sistema de vibración colocado en la muñeca. Una de las claves del nuevo sistema es que puede ser específicamente ajustado para adaptarse a las características físicas de cada persona (altura, anchura de hombros, etc.). La detección de los objetos se realiza mediante un conjunto de sensores que se adaptan a un bastón blanco tradicional y

¹⁷ JAWS (software) disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/JAWS_\(software\)](https://es.wikipedia.org/wiki/JAWS_(software))



mejoran su funcionalidad”¹⁸. Este dispositivo ha sido un avance dentro de las investigaciones e implementaciones a modo de reconstruir un sistema antiguo para ser reformado y desarrollado pensando en las personas invidentes. Su tecnología es basada en un bastón electrónico que puede detectar objetos que se encuentran a nivel del suelo o en alturas no mayores a los dos metros; al detectar un objeto lo que hace es emitir vibraciones que son percibidas por el usuario a través de una manilla ubicada en su muñeca.

Los Zapatos vibradores para guiar a los ciegos fueron creados por Juan Manuel Bustamante (Argentina). Su fecha de creación fue el 06 Noviembre de 2014.

“El dispositivo, al que ha denominado Duspavoni, se monta en la suela del calzado y posee tres sensores ultrasónicos en las partes frontal, lateral y posterior. Estos actúan como un sonar que envía una onda que, al rebotar contra un objeto, permite al calzado determinar la distancia a la que se encuentra”¹⁹. Este tipo tecnología tiene mucha similitud con los bastones electrónicos que utilizan sensores ultrasónicos, esta idea surgió por el rechazo de algunos jóvenes invidentes hacia el bastón, ya que se sentían estigmatizados; la funcionalidad de este sistema cumple con las necesidades requeridas por los usuarios, ya que es capaz de detectar obstáculos que se encuentren dentro de un radio de 25 centímetros. Las vibraciones que se emiten serán más fuertes si el obstáculo se encuentra a menor distancia, tiene una característica muy importante a la hora de emitir la alerta usuario; si el obstáculo se encuentra en frente vibrará la punta, al costado la suela y atrás el talón. Siendo de gran ayuda a la hora de poder evitar los obstáculos, este sistema es capaz de detectar personas, animales, carros, árboles y muchos más, se puede recargar

¹⁸ TENDENCIAS. Tendencias tecnológicas. (23.08.2016,10:00p.m). Disponible en: http://www.tendencias21.net/Nuevo-baston-inteligente-ayuda-a-enlos-ciegos-a-evitar-obstaculos_a20626.html

¹⁹ RODRÍGUEZ, Francisco. Zapatos vibradores. (23.08.2016,10:30p.m). Disponible en: <http://www.elmundo.es/internacional/2014/11/06/545b593522601d51218b457d.html>



mediante cable USB conectándolo al computador. El tiempo de carga completo dura cerca de cinco horas y tiene una duración de entre tres y cinco días.

El Bastón inteligente para invidentes funciona con sensores y a través de app fue creado por José Vicente Urmendiz (Colombia). Su fecha de creación fue el 14 abril de 2015.

“El funcionamiento del bastón trata de detectar obstáculos a nivel inferior, frontal y superior. Estas características las sacamos con el estudio de personas invidentes y el bastón está conectado a una aplicación para celular que es una especie de red social, en donde están conectadas varias personas amigas del invidente quienes le pueden indicar cómo llegar hasta donde ellos están a través de mensajes de audio”²⁰. La tecnología que emplea este bastón es muy similar a la de muchos otros bastones electrónicos, su funcionamiento depende de sensores ubicados estratégicamente; y de una manilla que se encuentra colocada en la muñeca del usuario. Cuando los sensores detectan un obstáculo envían una señal a este dispositivo el cual emitirá unas vibraciones informando de dicho objeto; la diferencia que tiene este bastón con los demás es que está conectado directamente a una aplicación de Smartphone, la cual funciona como una red social, esta es imprescindible ya que mediante mensajes de voz los familiares o amigos de esta persona pueden estar en contacto, dándole indicaciones para que pueda llegar donde se encuentran. Otra innovación que tiene es que si en algún momento el bastón se llegara a caer ya sea por descuido o por algún tipo de accidente la aplicación automáticamente enviará una señal de alerta a un acudiente o familiar, con la dirección exacta de lo ocurrido.

²⁰ BLU RADIO. Bastón inteligente para invidentes. (23.08.2016,11:00p.m). Disponible en: <http://www.bluradio.com/96265/baston-inteligente-para-invidentes-funcionaria-con-sensores-y-traves-de-app>



5.3.1 Espacios de color

El color es una de las propiedades que tienen los materiales para absorber o reflejar esto depende de la longitud de onda, un objeto de color blanco se debe a que todos los rayos del espectro visible son reflejados, por el contrario, el color negro todos los rayos son absorbidos y ninguno reflejado. Esto da lugar a los espacios de colores.

Un espacio de color es un sistema de interpretación del color, es decir, una organización específica de los colores en una imagen o video. Depende del modelo de color en combinación con los dispositivos físicos que permiten las representaciones reproducibles de color, por ejemplo, las que se aplican en señales analógicas (televisión a color) o representaciones digitales. Un espacio de color puede ser arbitrario, con colores particulares asignados según el sistema y estructurados matemáticamente.

Un modelo de color es un modelo matemático abstracto que describe la forma en la que los colores pueden representarse como tuplas de números, normalmente como tres o cuatro valores o componentes de color (p.e. RGB y CMYK son modelos de color). Sin embargo, un modelo de color que no tiene asociada una función de mapeo a un espacio de color absoluto es más o menos un sistema de color arbitrario sin conexión a un sistema de interpretación de color.

Añadiendo cierta función de mapeo entre el modelo de color y un espacio de color de referencia se obtiene una "huella" en el espacio de color de referencia. A esta "huella" se la conoce como gama de color y, en combinación con el modelo de color, define un nuevo espacio de color. Por ejemplo, Adobe RGB y sRGB son dos espacios de color absolutos diferentes basados en el modelo RGB.



En el sentido más genérico de la definición dada, los espacios de color se pueden definir sin el uso de un modelo de color. Estos espacios, como Pantone, son un conjunto de nombres o números definidos por la existencia de un conjunto correspondiente de muestras de color físico. Este artículo se centra en el concepto del modelo matemático²¹.

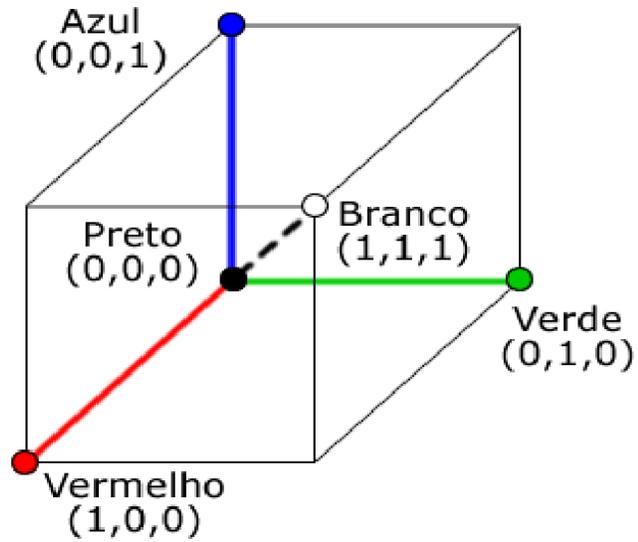
5.3.2 RGB

El espacio de color RGB se basa en tres componentes R rojo, G verde y B azul, la mezcla de cada una de las componentes da lugar a colores diferentes, es el más utilizado en sistemas de visualización computacional.

Los tres colores se ubican en un plano tridimensional, donde a cada eje se le asigna un color. Así, cada punto coordinado en el espacio pertenecerá a un color diferente, siendo sus coordenadas las componentes de rojo, verde y azul. El punto 0,0,0 corresponde al color negro y la diagonal principal se encuentra la escala de grises.

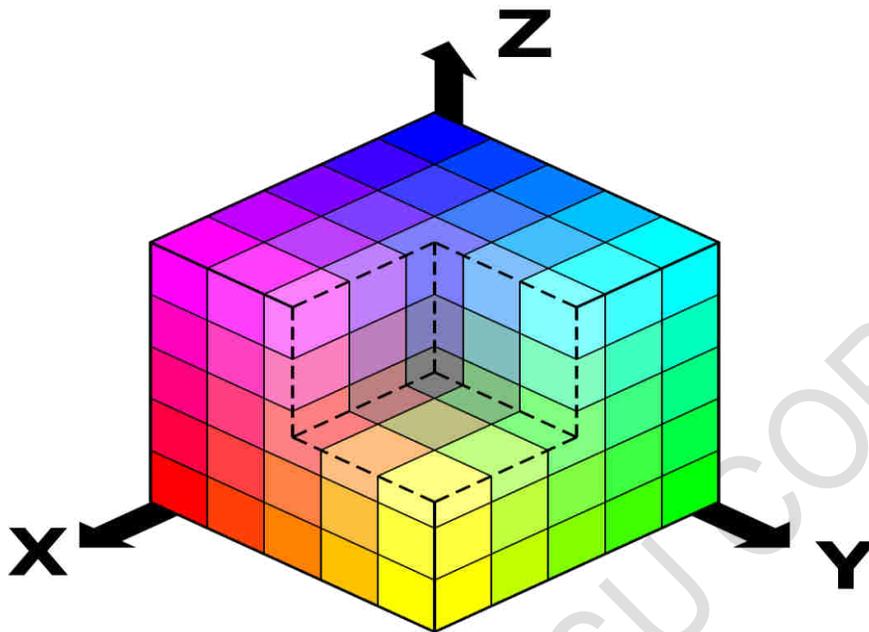
²¹ Colaboradores de Wikipedia. *Espacio de color* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2017 [fecha de consulta: 8 de abril del 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Espacio_de_color&oldid=102418697>.

Figura 1. RGB tridimensional



Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-24-Modelo-de-cor-RGB-representado-por-um-cubo-tridimensional_fig3_288130436

Figura 2 Código de colores 3D



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_colores

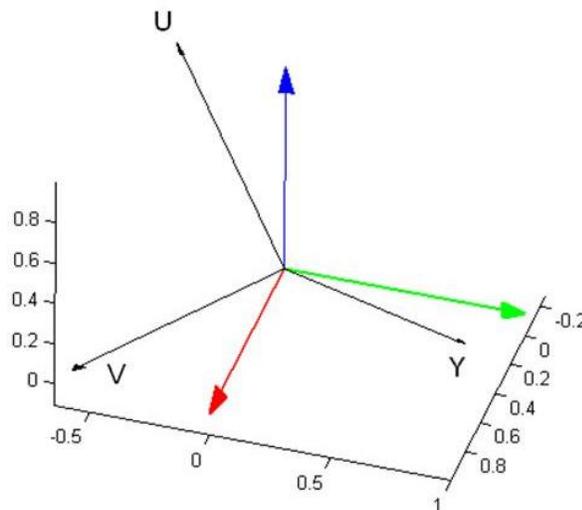
5.3.3 YUV

YUV es un espacio de color típicamente usado como parte de un sistema de procesamiento de imagen en color. Una imagen o vídeo en color se codifica en este espacio de color teniendo en cuenta la percepción humana, lo que permite un ancho de banda reducido para los componentes de diferencia de color o crominancia, de esta forma, hace que los errores de transmisión o las imperfecciones de compresión se oculten más eficientemente a la percepción humana que usando una representación RGB directa. Otros espacios de color

tienen propiedades similares y la principal razón para implementar o investigar las propiedades de YUV o de su similar, Y'UV se encuentran tanto las de interactuar con televisión analógica o digital o con equipo fotográfico que sea conforme a ciertos estándares de este espacio²².

Este espacio de color no es más que un movimiento del cubo RGB como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3. Rotación de ejes



Fuente: <http://slideplayer.com/slide/4511962/>

La matriz de transformación de ejes coordenados, está representada en por la siguiente expresión matricial.

²² Colaboradores de Wikipedia. YUV [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2017 [fecha de consulta: 8 de abril del 2018]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=YUV&oldid=101024215>>.



$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

5.3.4 Espacio invariante a la iluminación

Hay que tener en cuenta algunos conceptos o definiciones para entender el concepto de este espacio. En el marco conceptual se da una definición más precisa de dichos conceptos.

Superficie Lambertiana: es aquella que refleja la radiación incidente de forma bien distribuida en todas las direcciones.

Radiador planckiano: este absorbe completamente toda la radiación incidente de cualquier longitud de onda y dirección de incidencia.

Cámara de banda estrecha: se puede asemejar a un filtro pasabanda con ancho de banda infinitamente limitado.

Temperatura del color: “La **temperatura de color** de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de color se expresa en Kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura, por ser la misma solo una medida relativa.”

Si se supone que una cámara de banda estrecha, está enfocando a una superficie lamberiana iluminada por un cuerpo negro a temperatura T; las componentes de



color de un punto en el sensor de la cámara, se puede expresar por la siguiente expresión.

$$\rho_k = \sigma S(\lambda_k) E(\lambda_k, T) Q_k \delta(\lambda - \lambda_k)$$

5.3.5 Método de mínimo cuadrados

La matemática permite tener una optimización de un conjunto de datos en la que corresponden a un par ordenado. En la que se tiene variable independiente y variable dependiente, y familia de funciones. Por otra parte, según Nogueira²³ cada vez más los métodos numéricos son más precisos para el análisis de datos en diferentes áreas del conocimiento.

Mínimos cuadrados es una técnica de análisis numérico enmarcada dentro de la optimización matemática, en la que, dados un conjunto de pares ordenados variable independiente, variable dependiente y una familia de funciones, se intenta encontrar la función continua, dentro de dicha familia, que mejor se aproxime a los datos (un "mejor ajuste"), de acuerdo con el criterio de mínimo error cuadrático.

En su forma más simple, intenta minimizar la suma de cuadrados de las diferencias en las ordenadas (llamadas residuos) entre los puntos generados por la función elegida y los correspondientes valores en los datos. Específicamente, se llama mínimos cuadrados promedio (LMS) cuando el número de datos medidos es 1 y se usa el método de descenso por gradiente para minimizar el residuo cuadrado. Se puede demostrar que LMS minimiza el

²³ NOGUEIRA, Xesús. *Formulaciones de mínimos cuadrados móviles y de volúmenes finitos de alto orden para la simulación numérica de flujos compresibles*. 2009. Tesis Doctoral. Universidade da Coruña.



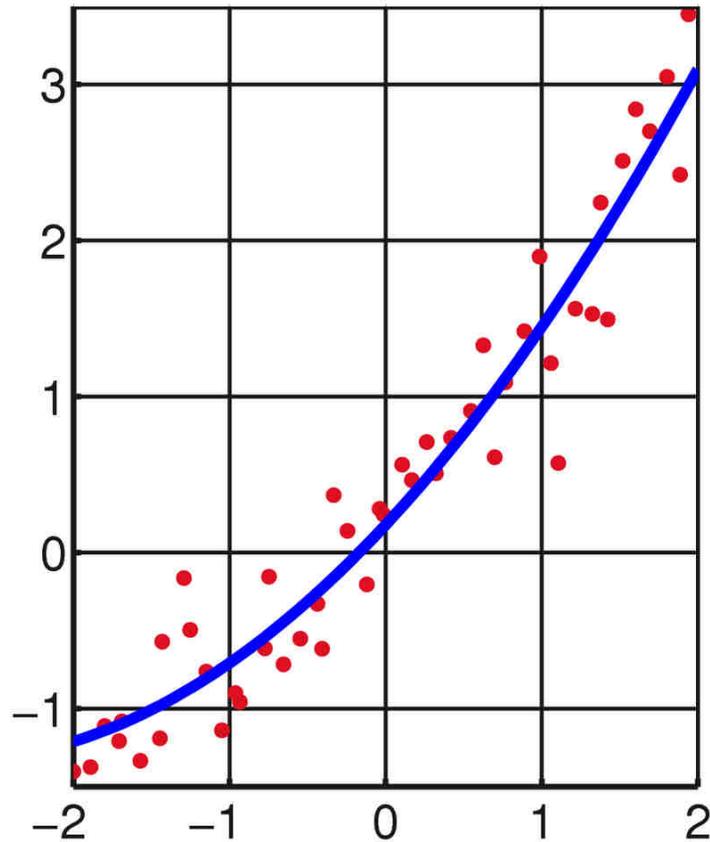
residuo cuadrado esperado, con el mínimo de operaciones (por iteración), pero requiere un gran número de iteraciones para converger.

Desde un punto de vista estadístico, un requisito implícito para que funcione el método de mínimos cuadrados es que los errores de cada medida estén distribuidos de forma aleatoria. El teorema de Gauss-Márkov prueba que los estimadores mínimos cuadráticos carecen de sesgo y que el muestreo de datos no tiene que ajustarse, por ejemplo, a una distribución normal. También es importante que los datos a procesar estén bien escogidos, para que permitan visibilidad en las variables que han de ser resueltas.

La técnica de mínimos cuadrados se usa comúnmente en el ajuste de curvas. Muchos otros problemas de optimización pueden expresarse también en forma de mínimos cuadrados, minimizando la energía o maximizando la entropía.²⁴

²⁴ Colaboradores de Wikipedia. Mínimos cuadrados [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2017. Disponible en https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%ADnimos_cuadrados&oldid=103504045.

Figura 4. Mínimos cuadrados



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADnimos_cuadrados.

5.4 MARCO CONCEPTUAL.

Para el diseño de este sistema se enfocará en los puntos primordialmente en la utilización de tecnologías existentes para que estas sean adaptadas y utilizadas para el beneficio de la humanidad a través de la implementación y la creación de un sistema que le permita a una persona con ceguera total recuperar de alguna forma el sentido de la orientación por medio de este.



Ceguera: “es una diversidad funcional de tipo sensorial que consiste en la pérdida total o parcial del sentido de la vista. Existen varios tipos de ceguera parcial dependiendo del grado y tipo de pérdida de visión, como la visión reducida, el escotoma, la ceguera parcial (de un ojo) o el daltonismo”²⁵.

Cuerpos rígidos: “se define como aquel que no sufre deformaciones por efecto de fuerzas externas, es decir, un sistema de partículas cuyas posiciones relativas no cambian. Sin embargo, las estructuras y máquinas reales nunca son absolutamente rígidas y se deforman bajo la acción de cargas que actúan sobre ellas. Un cuerpo rígido es una idealización, que se emplea para efectos de estudios de Cinemática, ya que esta rama de la Mecánica, únicamente estudia los objetos y no las fuerzas exteriores que actúan sobre ellos”²⁶.

Sensor ultrasonido: “es un detector de proximidad funciona mediante la transmisión de una ráfaga de ultrasonido en una frecuencia muy por encima del rango auditivo humano y provee un pulso de salida, el cual corresponde con el tiempo requerido por el eco (rebote) para retornar hasta el sensor sin necesidad de que este tenga contacto físico con el objeto y ofrece la posibilidad de detectar objetos frágiles desde pocos centímetros hasta 6 metros”²⁷. Su nombre proviene del funcionamiento que este elemento electrónico posee, ya que su principal tarea es emitir un sonido que rebotará en cualquier objeto que no se encuentre a más de seis metros de distancia.

²⁵ Colaboradores de Wikipedia. *Ceguera* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018-Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ceguera&oldid=106945295>>.

²⁶ Colaboradores de Wikipedia. *Cuerpo rígido* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cuerpo_r%C3%ADgido&oldid=96714987>.

²⁷ RAMOS, Arely. Ultrasonic view. (23.08.2016,10:30p.m) Disponible en:http://www.optica.inaoep.mx/tecnologia_salud/2016/documentos/memorias/MyT2016_119_E.pdf



Sistema de referencia: “es un conjunto de convenciones usadas por un observador para poder medir la posición y otras magnitudes físicas de un sistema físico y de mecánica. Las trayectorias medidas y el valor numérico de muchas magnitudes son relativas al sistema de referencia que se considere, por esa razón, se dice que el movimiento es relativo. Sin embargo, aunque los valores numéricos de las magnitudes pueden diferir de un sistema a otro, siempre están relacionados por relaciones matemáticas tales que permiten a un observador predecir los valores obtenidos por otro observador”²⁸.

Orientación: “Orientación es la acción de ubicarse o reconocer el espacio circundante (orientación espacial) y situarse en el tiempo (orientación temporal). La palabra orientación proviene de la palabra "oriente" (el punto cardinal Este, por donde sale el sol). También está la orientación en el modo deportivo. La orientación es un deporte en el que cada participante realiza una carrera individual o colectiva cronometrada con ayuda de un mapa”²⁹

Posición: “En física, la posición de una partícula indica su localización en el espacio o en el espacio-tiempo. Se representa mediante sistemas de coordenadas”³⁰.

Procesamiento digital de imágenes: “Es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes cuyo objetivo fundamental es obtener, a partir de una imagen origen otra final, cuyo resultado sea más adecuado para una aplicación específica mejorando ciertas características de la misma que posibilite efectuar operaciones

²⁸ Colaboradores de Wikipedia. *Sistema de referencia* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_referencia&oldid=107126721>.

²⁹ Colaboradores de Wikipedia. *Orientación* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2018]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Orientaci%C3%B3n&oldid=107317712>>.

³⁰ Colaboradores de Wikipedia. *Posición* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2018]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Posici%C3%B3n&oldid=107190062>>.



de procesamiento sobre ella. El procesamiento de las imágenes se puede hacer por medio de métodos ópticos, o bien por medio de métodos digitales, en una computadora”³¹. Este medio facilita obtener la mayor cantidad de información de una imagen haciendo su respectivo tratamiento que consiste en mejorar la calidad de la imagen.

Matlab: “(abreviatura de MATrix LABoratory, "laboratorio de matrices") es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux”³². Es un software que presenta una interfaz factible para su manejo, ofreciendo variedad para la utilización de herramientas con el fin de efectuar pruebas de simulación, solución de problemas matemáticos y aplicaciones en lenguaje de programación.

Filtros Gaussianos: “Modela el ruido producido por los circuitos electrónicos o ruido de los sensores por falta de iluminación y/o altas temperaturas”³³. La tecnología implementada mediante estos filtros, se aplica funcionalmente a la hora de adquirir información con respecto a una imagen, permitiendo que estos reduzcan los ruidos que se ocasionan al momento de realizar el procedimiento de la imagen.

Realidad aumentada: “es el término que se usa para definir una visión a través de un dispositivo tecnológico, directa o indirecta, de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real. Consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, añadir una parte sintética virtual a lo real. Esta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto

³¹ OROZCO, Delia. Procesamiento digital de imágenes. (20.09.2016,10:00 a.m.). Disponible en: <http://cauchemarg.blogspot.com.co/2013/11/51-procesamiento-de-imagenes.html>

³² DEIOC, Nereida. Matlab. (23.08.2016,12:00a.m). Disponible en: <http://nereida.deioc.ull.es/~pcgull/ihiu01/cdrom/matlab/contenido/node2.html>

³³ PROAKIS, John G., et al. Tratamiento digital de señales. Pearson Educación, 2007.



que no sustituye la realidad física, sino que sobreimprime los datos informáticos al mundo real”³⁴. Para lograr entender este tipo de tecnología se debe caracterizar la diferencia que implica el término de sobrescribir y no reemplazar la parte física real, ya que en este tipo de avance tecnológico lo que se pretende es fusionar la información captada del medio real con la virtual y buscar que esta fusión se interprete por el cerebro humano como algo que está sucediendo en tiempo real.

Sistemas de información: “Un sistema de información (SI) es un conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos e información, organizados y listos para su uso posterior, generados para cubrir una necesidad o un objetivo”³⁵.

Matrices: “Es un conjunto de elementos (números) ordenados en filas y columnas, para designar una matriz se emplean letras mayúsculas. Cada uno de los elementos de la matriz (a_{ij}) tiene dos subíndices. El primero i indica la fila a la que pertenece y el segundo j la columna”³⁶. Las matrices son de gran aporte a la hora de realizar cálculos de ecuaciones lineales y con estas mismas se puede realizar varios tipos de operaciones como son suma, resta, multiplicación y división lo que hace que sean claves en el campo del algebra lineal y matemático.



³⁴ Realidad aumentada. Disponible en:http://sacosta.org/ra/realidad_aumentada.html.

³⁵ Sistema de información. Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informaci%C3%B3n

³⁶ Materiales didácticos. Disponible en:
http://recursostic.educacion.es/descartes/web/materiales_didacticos/matrices/matrices_definicion_y_tipos.htm(25.08.2016,10:30a.m)



5.5 MARCO LEGAL

El marco legal para el diseño de un sistema de detección de obstáculos en ambientes cerrados para personas con ceguera total en San Juan de Pasto en 2016, está dado por las siguientes leyes y normas que son de vital importancia para lograr desarrollar con eficiencia y respeto hacia la normatividad establecida así:

LEY 982 DE 2005 (agosto 2) El congreso de Colombia decreta:

“Por la cual se establecen normas tendientes a la equiparación de oportunidades para las personas sordas y sordo ciegas y se dictan otras disposiciones”³⁷. Con esta ley se busca describir varias clases de discapacidades visuales y así identificar en la diversidad de labores, las más pertinentes.

LEY 1346 DE 2009 (Julio 31) El congreso de la república:

“Por medio de la cual se aprueba la Convención sobre los Derechos de las personas con Discapacidad, adoptada por la Asamblea General de la Naciones Unidas el 13 de diciembre de 2006”³⁸. Esta hace referencia a promover, proteger y asegurar las condiciones de igualdad y libertades fundamentales para todas las personas con discapacidad visual.

LEY ESTATUTARIA 1618 DE 2013 (Febrero 27) El congreso de la república:

“Por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad”³⁹. Con esta ley se pretende garantizar y asegurar el ejercicio efectivo de los derechos de las personas con discapacidad, mediante la adopción de medidas de inclusión, acción afirmativa y de ajustes razonables, eliminando toda forma de discriminación por razón de discapacidad, en concordancia con la Ley 1346 de 2009.

³⁷ Alcaldía de Bogotá. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=17283> (26.08.2016,09:35 a.m.)

³⁸ Ibid.

³⁹ Ibid.



NORMA NTC 4140:

“ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO. EDIFICIOS, PASILLOS, CORREDORES, CARACTERÍSTICAS GENERALES”⁴⁰. Con la presente norma, se establecen los requerimientos de las dimensiones mínimas y las características funcionales y constructivas que deben cumplir los pasillos y corredores de los edificios. Como son: Ancho mínimo, diseño, disposición y cerramientos móviles

NTC 4142:

“ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO. SÍMBOLO DE CEGUERA Y BAJA VISIÓN”⁴¹. Esta norma establece la imagen que contiene el símbolo usado para informar sobre la presencia de personas con ceguera o baja visión, para señalar lo que es usable directamente por ellas o donde se les brinda algún servicio específico.

5.6 MARCO TECNOLÓGICO

Este trabajo tiene como objeto de estudio ambientes cerrados los cuales están delimitados por paredes, y busca la contribución al desarrollar de sistemas de detección de obstáculos. Se parte de la utilización de una cámara la cual permite captar imágenes de un mundo real.

⁴⁰ Normatividad en espacios cerrados. Disponible en: http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/uiet/normatividad_sobre_viviendas_con_asistencia_a_discapacitados.pdf (29.08.2016,10:50 p.m.)

⁴¹ Ibid.



Además, al ser obtenido un ambiente en un determinado por una cámara esta pierde profundidad dicho de otra manera el espacio está determinado por tres ejes y la cámara representa esos tres ejes en dos; perdiendo así uno de los ejes. Con una representación del ambiente digitalizada se va a determinar la localización de los objetos.

Instrumentos ópticos

Los instrumentos ópticos son una aplicación de los espejos y las lentes a la formación de imágenes más grandes, más pequeñas, más próximas o más alejadas de un objeto.

Los instrumentos ópticos se clasifican de acuerdo con la imagen producida, según sea real o virtual.

Los instrumentos que forman imágenes reales se denominan objetivos y no necesitan del ojo humano para observar la imagen del objeto. Los instrumentos de este tipo más importantes son instrumentos de proyección, como la cámara fotográfica o los diversos proyectores de cine, de diapositivas, de vídeo, el retroproyector o el episcopio.

Los instrumentos que forman imágenes virtuales se denominan subjetivos y necesitan del ojo humano para observar la imagen del objeto. El ojo puede sustituirse por una cámara fotográfica o de grabación. Los instrumentos de este tipo más importantes son instrumentos de observación, como la lupa, el microscopio o el telescopio.

Cámara que puede ver la velocidad de la luz

Mientras una cámara regular puede capturar un cuadro de luz a una velocidad de, digamos, un octavo de segundo (velocidad que de hecho



es bastante lenta, ya que en condiciones óptimas de luz una velocidad normal es una milésima de segundo), el invento del Instituto de Tecnología de Massachusetts, MIT puede capturar luz a una velocidad de un billón (un millón de millones) de cuadros por segundo, es decir, un cuadro se toma en una billonésima parte de un segundo.

A esta velocidad es posible capturar el avance de un rayo de luz, un desarrollo sorprendente si se tiene en cuenta que la luz viaja a una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo. Muchos conocen la famosa imagen de una bala atravesando una manzana, y es necesario hacer referencia a esa imagen para entender bien el significado de este invento.

El efecto de cámara lenta debería llamarse lo opuesto, ya que para capturar esos objetos ultrarrápidos en cámara lenta hay que tener velocidades de captura ultrarrápidas. Si se tiene en cuenta que una partícula de luz viaja alrededor de un millón de veces más rápido que una bala, la dificultad de este experimento se vuelve evidente.

La cámara de MIT, tiene un cuerpo del tamaño de un PC tradicional, y no solo consta de un sensor, sino de 500 sensores diferentes programados para activarse en fracciones ínfimas de un segundo. De hecho, la cámara solo puede capturar imágenes en una dimensión, por lo que hay que rotar un espejo afuera del lente, tomar millones de fotos, y acumular todos esos datos para producir una imagen en dos dimensiones, o tres, en el caso de un video.

¿Para qué sirve? Como todo descubrimiento vanguardista, está por verse. Cuando se descubrieron las mecánicas de la física de partículas en los años 20 del siglo pasado, nadie podía imaginar que esa sería la



base de la revolución tecnológica que se daría casi cuatro décadas más tarde con uso masivo del microchip.⁴²

PROHIBIDA SU COPIA

⁴² MIT. disponible en: <http://www.enter.co/cultura-digital/el-popurri/mit-inventa-camara-que-puede-ver-la-velocidad-de-la-luz/>



6 DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño y modelado de sistemas y equipos electrónicos:

Uno de los objetivos principales del Ingeniero Electrónico es el diseño de sistemas y equipos electrónicos, que tengan como finalidad la solución de un problema o el mejoramiento de procesos y de la maquinaria existente dentro de los diferentes campos de acción de la electrónica. Para ello es Prototipos de Sistemas y equipos para control y automatización de procesos industriales y de potencia. Prototipos de Sistemas y equipos para Redes y Telecomunicaciones. importante pensar en el contexto en el que se desarrolla un proyecto de esta índole, costos, materiales, eficiencia y demás parámetros que llevan a conseguir un producto final eficiente y eficaz. En la línea de investigación de diseño de sistemas y equipos electrónicos, se distinguen dos vertientes diferenciadas que se han venido desarrollando en la Facultad, el diseño digital y el diseño analógico, o bien, la combinación de ellas en algunas implementaciones electrónicas. Para el diseño, se tiene como concepto general el uso de las artes aplicadas a un contexto de desarrollo específico como en este caso es la tecnología y específicamente la electrónica y los fundamentos eléctricos asociados al objeto de estudio que son los dispositivos eléctricos, electrónicos y los sistemas informáticos asociados a ellos. De acuerdo a las áreas de diseño electrónico posibles, se ha creado unas sublíneas de investigación donde se le otorga un campo de acción específico a cada investigación:⁴³

⁴³ Líneas de investigación cidae disponible en:
<http://cidae.aunar.edu.co/images/Documentos/LineasInvestigacion.pdf>



Sublinea de investigación

Prototipos de Sistemas y equipos para Electromedicina y Telemedicina.

6.2 ENFOQUE

Cuantitativo

“Usa recolección de datos para probar hipótesis con base en la mediación numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento”⁴⁴. Mediante este enfoque se obtiene información por métodos organizados, numéricos y estadísticos, para recolectar información del sistema que se va a implementar en el transcurso del proceso investigativo.

6.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Experimental

“La investigación experimental está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para obtener la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver”⁴⁵. Este trabajo de investigación es experimental ya que se efectúan pruebas con el sistema en diferentes tiempos y

⁴⁴ Cualitativo. Disponible en: http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/cualitativo_cuantitativo_mixto.html (27.09.2016,01:40 p.m.)

⁴⁵ Metodología de la investigación Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos14/investigacion/investigacion.shtml#ixzz4LR1tXVTw>



espacios en los que se busca evaluar la tecnología y los dispositivos a utilizarse. Esto con el objeto de determinar qué tan eficiente y eficaz es en su funcionamiento para la detección de obstáculos en ambientes cerrados.

6.4 MÉTODO INVESTIGATIVO

Deductivo

“es un método científico que considera que la conclusión se halla implícita dentro las premisas. Esto quiere decir que las conclusiones son una consecuencia necesaria de las premisas: cuando las premisas resultan verdaderas y el razonamiento deductivo tiene validez, no hay forma de que la conclusión no sea verdadera”⁴⁶. Este método es uno de los más usados con miras a obtener, conclusiones asertivas. Es decir, hace una compilación de presupuestos generales para luego determinar y delimitar el objeto de investigación.

⁴⁶ Método deductivo. Disponible en: <http://definicion.de/metodo-deductivo/>



7 RESULTADOS

Se realizó una búsqueda de información documental para ello se utiliza el buscador Google académico y se encuentran diversos trabajos en relación con el planteado en este trabajo.

Dispositivo de navegación para personas invidentes Basado en la tecnología time of flight

El artículo presenta un nuevo dispositivo de navegación y detección de obstáculos para las personas ciegas, basado en la tecnología Time-of-Flight y en sonidos acústicos. El dispositivo se ha desarrollado como un dispositivo de ayuda, complementario al bastón, para las personas invidentes. Su objetivo primordial es detectar los obstáculos e informar al usuario mediante sonidos acústicos de la locación de los mismos, tanto en distancia como en dirección. El dispositivo tiene un rango de trabajo entre los 0.5 m y 5 m en distancia y entre 30° izquierda y 30° derecha en azimut, con una precisión de 0,9°. El dispositivo informa a los usuarios mediante auriculares estéreo, de la presencia de los obstáculos situados en su camino. Está compuesto por un sistema de sensores 3D-CMOS montado en un par de gafas de sol, un FPGA que se encarga de procesar la información recibida por los sensores y transformarla en sonidos acústicos, y un par de auriculares estéreo. Las pruebas experimentales llevadas a cabo demuestran el potencial que puede tener para las personas invidentes. Se prueba que con la ayuda del dispositivo acústico los usuarios se sienten más seguros a la hora de transitar por las calles, debido a que tienen una amplia información sobre el entorno que los rodea, más allá de la obtenida con el bastón



Diseño Y Construcción De Un Dispositivo Electrónico Para La Detección De Obstáculos, Como Ayuda A Personas Con Discapacidad Visual

Las señales de ultrasonido pueden ser de gran ayuda para la ubicación en el espacio de las personas que sufren de algún tipo de discapacidad visual ya sea total o parcial. Es tanto así, que universidades y empresas dedicadas a la rehabilitación de personas invidentes investigan sobre la posibilidad de hacer que sensores de ultrasonido de alta fidelidad puedan reemplazar el ojo humano, dándole así al paciente, un buen entendimiento sobre las cosas que le rodean, aplicando el principio de ubicación de animales como los murciélagos, delfines u otros que utilicen esta particular característica.

Diseño Y Construcción De Un Dispositivo Para La Alerta De Obstáculos (Dao)

En este proyecto se presenta el desarrollo de un sistema electrónico portátil para personas ciegas. Está compuesto por un emisor y un receptor de ultrasonidos, manejados por un microcontrolador. Un bloque emisor genera ondas ultrasónicas, que al chocar con un obstáculo se reflejan y son captadas por un sistema receptor. La señal del eco es posteriormente amplificada, y tras la selección de un umbral en el microcontrolador, este informa la presencia o no de un obstáculo activando el motor de un vibrador ubicado en la cintura del paciente.

Diseño de un sistema sensor de obstáculos integrado en ropa para el uso en personas invidentes

La presente propuesta de investigación trata sobre la metodología a seguir para el diseño de un sistema que permita a las personas invidentes detectar obstáculos en los diversos entornos urbanos. El proyecto está dividido en tres partes: diseñar un sistema que transforme la energía biomecánica que gasta una persona al caminar



en energía eléctrica, aprovechando el efecto piezoeléctrico (a fin de alimentar con dicha energía el sistema sensor); diseñar un sistema sensor de obstáculos integrado en ropa para el uso en personas invidentes; y diseñar una interfaz de salida que comunique al usuario la información recogida del entorno

Diseño y construcción de un bastón blanco electrónico para personas invidentes

En este artículo se muestra el desarrollo del prototipo de un bastón blanco, dado el incremento de personas con este tipo de discapacidad, también existe el aumento de dispositivos con los que se pueden auxiliar para facilitar su desplazamiento independiente y fácil movilidad sin que exista algún tipo de riesgo o incidente que pueda sufrir la persona, el dispositivo comúnmente usado es el bastón blanco, el prototipo cuenta con características electrónicas, con base en la plataforma Arduino, así como sensores ultrasónicos, servomotores, buzzer, bluetooth, GPS, etc., siendo un sistema de guía para personas invidentes, evitando obstáculos que conlleva a mejorar el desplazamiento y movilidad del usuario en su entorno.

Desarrollo del algoritmo

El desarrollo del trabajo se enfoca en la detección de obstáculos en ambientes cerrados por lo general donde se pueda tener un control de diferentes que hacen que una imagen se reproduzca con tal realismo y no haya deterioro de las imágenes

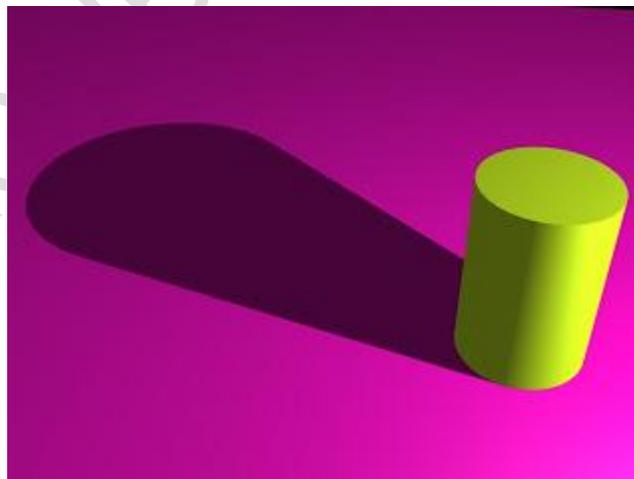
Las técnicas de digitalizar un ambiente son: sistema ultrasonido, sistema laser y visión por imágenes.

Para el desarrollo de trabajo se seleccionó la técnica de visión por imágenes la cual consiste en la toma de una o varias imágenes de un ambiente dado. Esta como todas las técnicas tiene ventajas y desventajas en la implementación del sistema.

Uno de los más grandes inconvenientes es la ausencia de iluminación en el ambiente a digitalizar otro es la proyección o la ubicación del foco luminoso lo cual puede ocasionar muchos inconvenientes como son: incidir los rayos directamente sobre el sensor de la cámara y así eliminar la visualización de la imagen o por el contrario generar sombras de los objetos que están obstaculizando el paso.

Además, el problema de las sombras se engloba dentro del cambio de iluminación, la sombra no es más que un cambio de iluminación proyectado sobre la superficie debido a la presencia de un obstáculo. En la siguiente figura se muestra como una imagen que contiene sombra de un objeto al ser binarizada se visualiza como si hubiese dos objetos, cuando en realidad son uno solo.

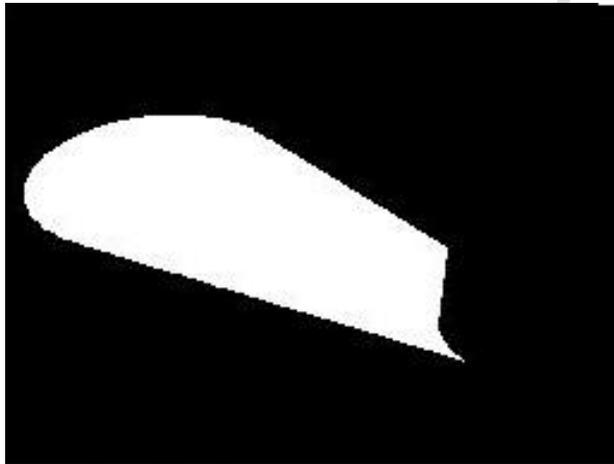
Figura 5. Imagen con sombra



Fuente: <http://calculo-de-sombras.blogspot.com.co/>.

En la siguiente figura se muestra la binarización de la anterior imagen en la cual se observa que hay un objeto, al comparar las dos imágenes se infiere que es la sombra del objeto real.

Figura 6. Figura binarizada.



Fuente: Esta investigación.

Figura 7. Sombra

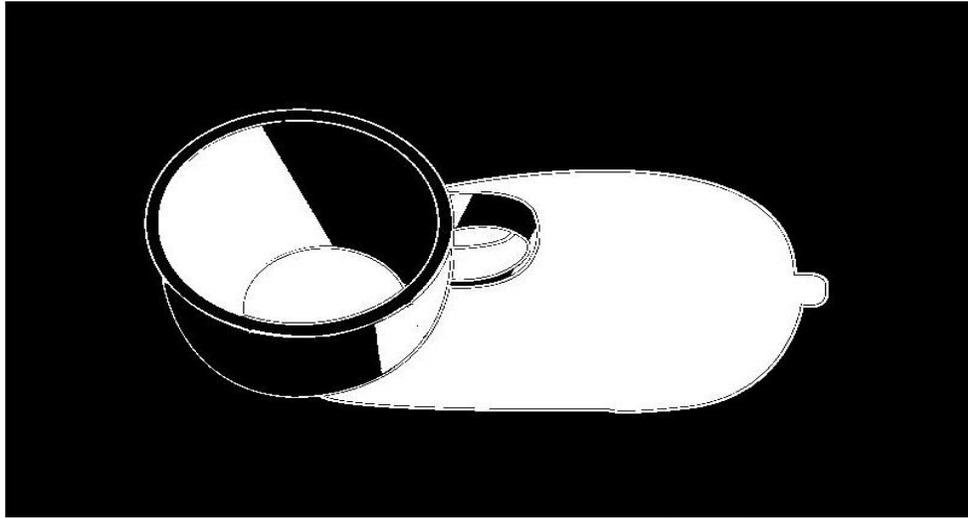


Fuente: <https://xgfk11cbd.wordpress.com/p5/>

En la siguiente figura muestra la anterior imagen binarizada en la cual se observa como si fueran dos objetos que están en escena, pero la realidad solo hay uno y la sombra de este.

PROHIBIDAS

Figura 8. Imagen binarizada



Fuente: esta investigación.

En superficies pulidas o mojadas aparece el reflejo del objeto que se proyecta como un objeto invertido esto hace que al ser binarizado de un falso positivo donde solo hay un objeto lo muestra como si fueran dos. En la figura se muestra el reflejo de la imagen.

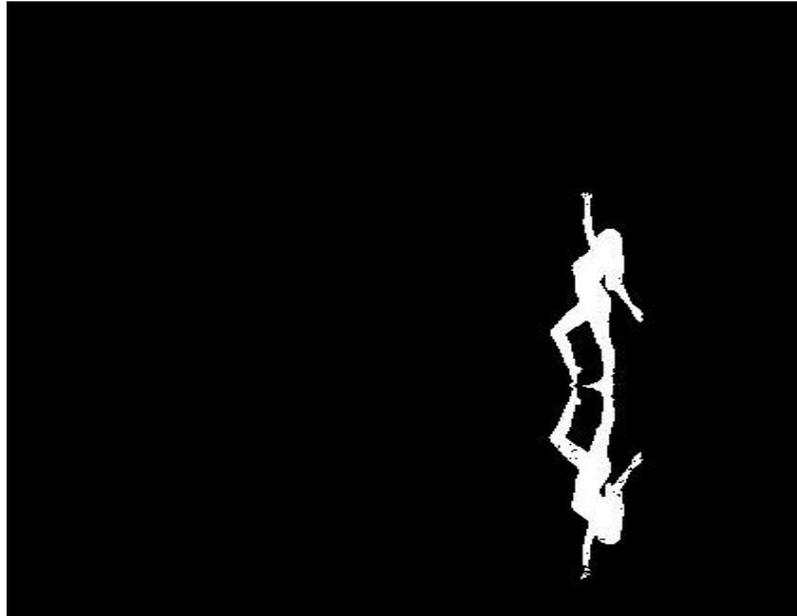
Figura 9. Imagen con reflejo



Fuente: https://www.tripadvisor.es/LocationPhotoDirectLink-g317033-d316550-i221433439-Salar_de_Uyuni-Uyuni_Potosi_Department.html

En la siguiente figura se muestra la anterior imagen, pero ya binarizada y se puede observar que hay dos siluetas de una persona, pero en la imagen original solo se hay una.

Figura 10. Imagen binarizada



Fuente: Esta investigación.

Las anteriores imágenes evidencian los inconvenientes que hay en la utilización de sistemas ópticos para detectar obstáculos en una imagen. Para el desarrollo de este trabajo se utiliza una cámara web se eligió debido a factores económicos el precio no supera los \$15.000 pesos, además permite obtener más información de los ambientes que en una fase más avanzada puede ser necesaria.



Tabla 1. Características técnicas de la cámara

Brand Name:VAKIND
Package:Yes
Model Number:4330A
Max. Resolution:640x480
Image Sensor:CMOS
Interface Type:USB
Products Status:Stock
Auto Focus:Yes
Interface:USB 2.0
Focus Range:3cm to infinity
Signal Noise Ratio:Larger than 48db
Dynamic Range:Larger than 72db
Video Format:YUY2

Fuente: Esta investigación.

El algoritmo propuesto en este trabajo inicia planteando la división del área cubierta por el sensor en un conjunto de seis imágenes esto hace que facilite la detección de los objetos y además que facilite elegir una determinada ruta donde no se presenten obstáculos. Con el área de las imágenes es posible determinar si se encuentra un objeto dentro del área.

Figura 11. División de la imagen

I1	I3	I5
I2	I4	I6

Fuente: Esta investigación

Para el desarrollo del algoritmo se utiliza el software Matlab que facilita el trabajo con imágenes tratando una imagen como un arreglo multidimensional, además tiene herramientas específicas para el análisis y tratamiento de imágenes.

A continuación, se muestra el pseudo código implementado en el sistema. En él se hace uso de una función propia de Matlab que es *bwarea* que permite calcular el área de una imagen binaria.

Funcion *R* <- *contornolibre* (*l,p*)

Segun *p* **Hacer**

opcion_1:

ii<-1

jj<-1

opcion_2:

ii<-240

jj<-1

opcion_3:

ii<-1

jj<-214

opcion_4:



```
ij<-240  
jj<-214  
opcion_5:  
ij<-1  
jj<-428
```

De Otro Modo:

```
ij<-240  
jj<-228
```

Fin Segun

Rg <- coordenadasdepuntos

Fin Funcion

Funcion Area <- bwarea (Imagen)

Escribir "propia de matlab"

Fin Funcion

Funcion r <- contorno (Imagen)

Para i<-1 **Hasta** lonfilas **Con Paso** 1 **Hacer**

flag <-true

Para j<-1 **Hasta** loncol **Con Paso** 1 **Hacer**

Si flag && imagen ==0 **Entonces**

r<- cordenadas

flag<-false

Fin Si

Fin Para

Fin Para

Para i<-longfilas **Hasta** 1 **Con Paso** -1 **Hacer**

flag <-true

Para j<-longcol **Hasta** 1 **Con Paso** -1 **Hacer**

Si flag && imagen ==0 **Entonces**

r<- cordenadas

flag<-false

Fin Si

Fin Para

Fin Para

Fin Funcion

Funcion l <- dividir (Imagen)

Escribir segmentacionmatriz

Fin Funcion

Funcion umbral <- minimocuadrado ()

x <- vector

Para i<-1 **Hasta** 125 **Con Paso** 1 **Hacer**



Leer camara
J <- valorpixel

Fin Para

xy <- x*J

JJ <- JJ

pendiente <- (sumxy - ((sumx*sumJ)/125))/((sumJJ - sumJJ/125))

Leer camara

umbral <- camara*pendiente

Fin Funcion

Algoritmo Detecciondeobstaculos

Dimension l1[1,6]

Repetir

umbral<-minimocuadrado()

leer camara

l1<-dividir(camara)

l1b<-l1[1,1] > umbral

l2b<-l1[1,2] > umbral

l3b<-l1[1,3] > umbral

l4b<-l1[1,4] > umbral

l5b<-l1[1,5] > umbral

l6b<-l1[1,6] > umbral

Ri1<-contorno(l1b)

Ri2<-contorno(l2b)

Ri3<-contorno(l3b)

Ri4<-contorno(l4b)

Ri5<-contorno(l5b)

Ri6<-contorno(l6b)

Si Ri1 <> vacio **Entonces**

Escribir Obstaculocuadrante1

Fin Si

Si Ri2 <> vacio **Entonces**

Escribir Obstaculocuadrante2

Fin Si

Si Ri3 <> vacio **Entonces**

Escribir Obstaculocuadrante3

Fin Si

Si Ri4 <> vacio **Entonces**

Escribir Obstaculocuadrante4

Fin Si



```
Si Ri5 <> vacio Entonces  
  Escribir ObstaculoCuadrante5  
Fin Si  
Si Ri6 <> vacio Entonces  
  Escribir ObstaculoCuadrante6  
Fin Si  
A1 <- bwarea(11);  
A11 <- bwarea(12);  
A2 <- bwarea(13);  
A22 <- bwarea(14);  
A3 <- bwarea(15);  
A33 <- bwarea(16);  
Si A1 > A2 && A1 > A3 Entonces  
  rg<-contornolibre(11,1)  
  Escribir LibreObstaculoCuadrante1  
Fin Si  
Si A2 > A1 && A2 > A3 Entonces  
  rg<-contornolibre(13,3)  
  Escribir LibreObstaculoCuadrante3  
Fin Si  
Si A3 > A1 && A3 > A2 Entonces  
  rg<-contornolibre(15,5)  
  Escribir LibreObstaculoCuadrante5  
Fin Si  
Si A11 > A22 && A11 > A33 Entonces  
  rg<-contornolibre(12,2)  
  Escribir LibreObstaculoCuadrante2  
Fin Si  
Si A22 > A11 && A22 > A33 Entonces  
  rg<-contornolibre(14,4)  
  Escribir LibreObstaculoCuadrante4  
Fin Si  
Si A33 > A11 && A33 > A22 Entonces  
  rg<-contornolibre(16,6)  
  Escribir LibreObstaculoCuadrante6  
Fin Si  
Hasta Que true
```

FinAlgoritmo

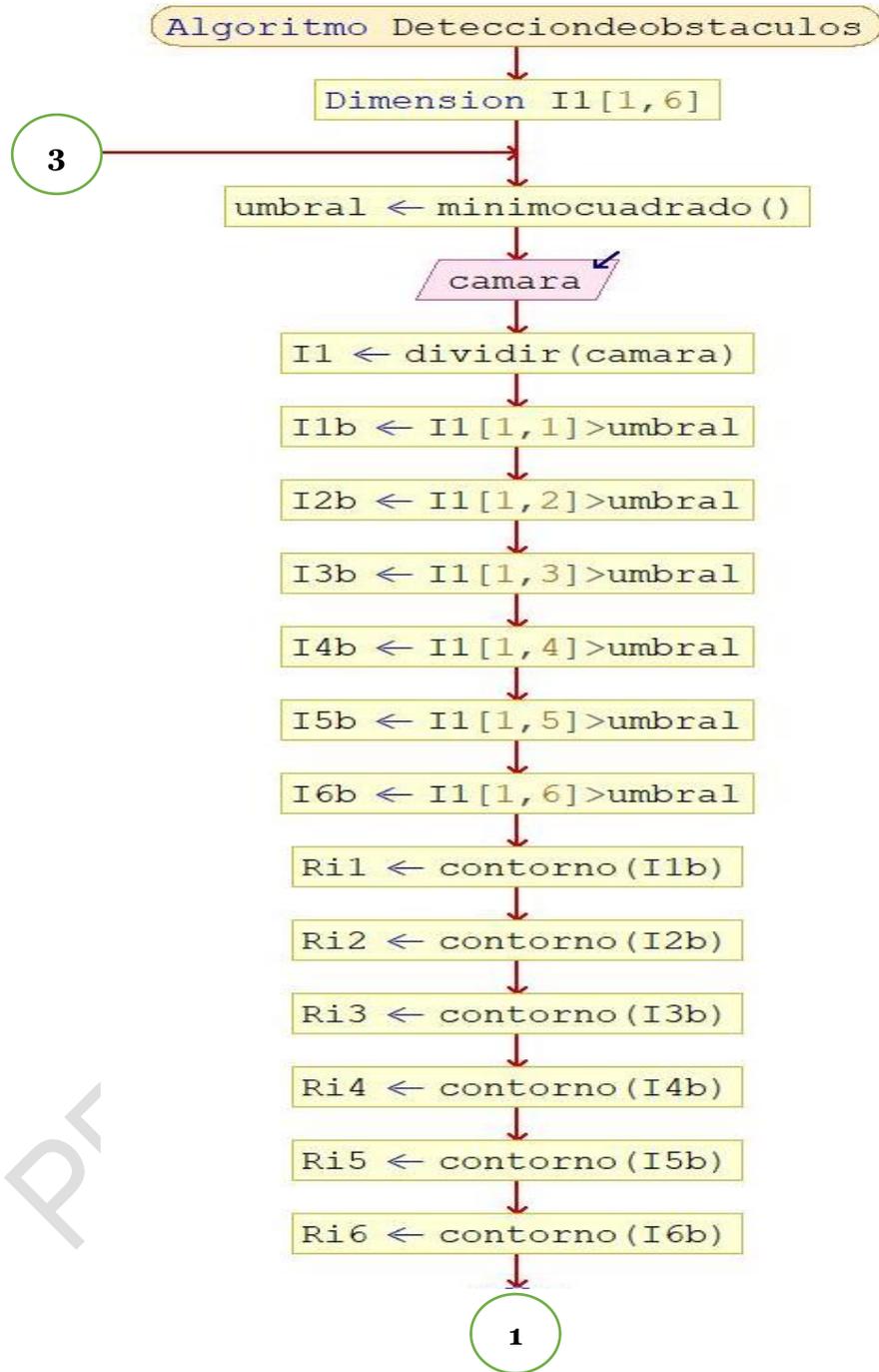


La aplicación está dividida en funciones, para que sea más manejable y facilite la depuración de código. Se implementó en el software computacional Matlab. A continuación, se describe el diagrama de flujo.

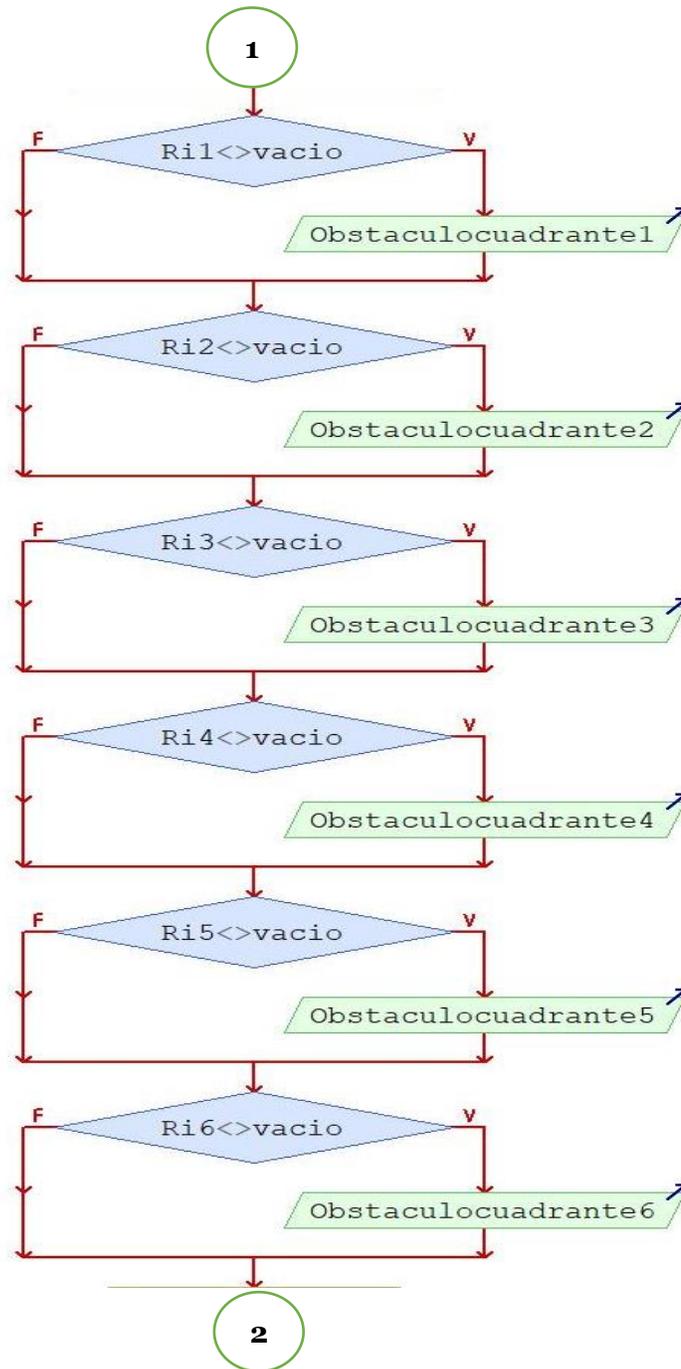
La aplicación inicia llamando a la función *minimocuadrado* que es la encargada de encontrar la pendiente. Luego continúa haciendo una lectura de la cámara para adquirir la imagen, posterior a esto realiza la división de la imagen en subconjunto para realizar el análisis de los objetos, los siguientes bloques permiten hacer una conversión de escala de grises a una imagen con dos colores blanco y negro, y para ello utiliza el umbral que se calculó con la función *minimocuadrado*. Acto seguido se procede a detectar obstáculos en cada una de las subregiones apoyados en la función *contorno* que retorna las posiciones de los bordes del objeto encontrado y a su vez es remarcado con una gráfica de color rojo. Y finalmente llama a la función *contornolibre* que se encarga de resaltar la sección libre por donde se podría transitar.



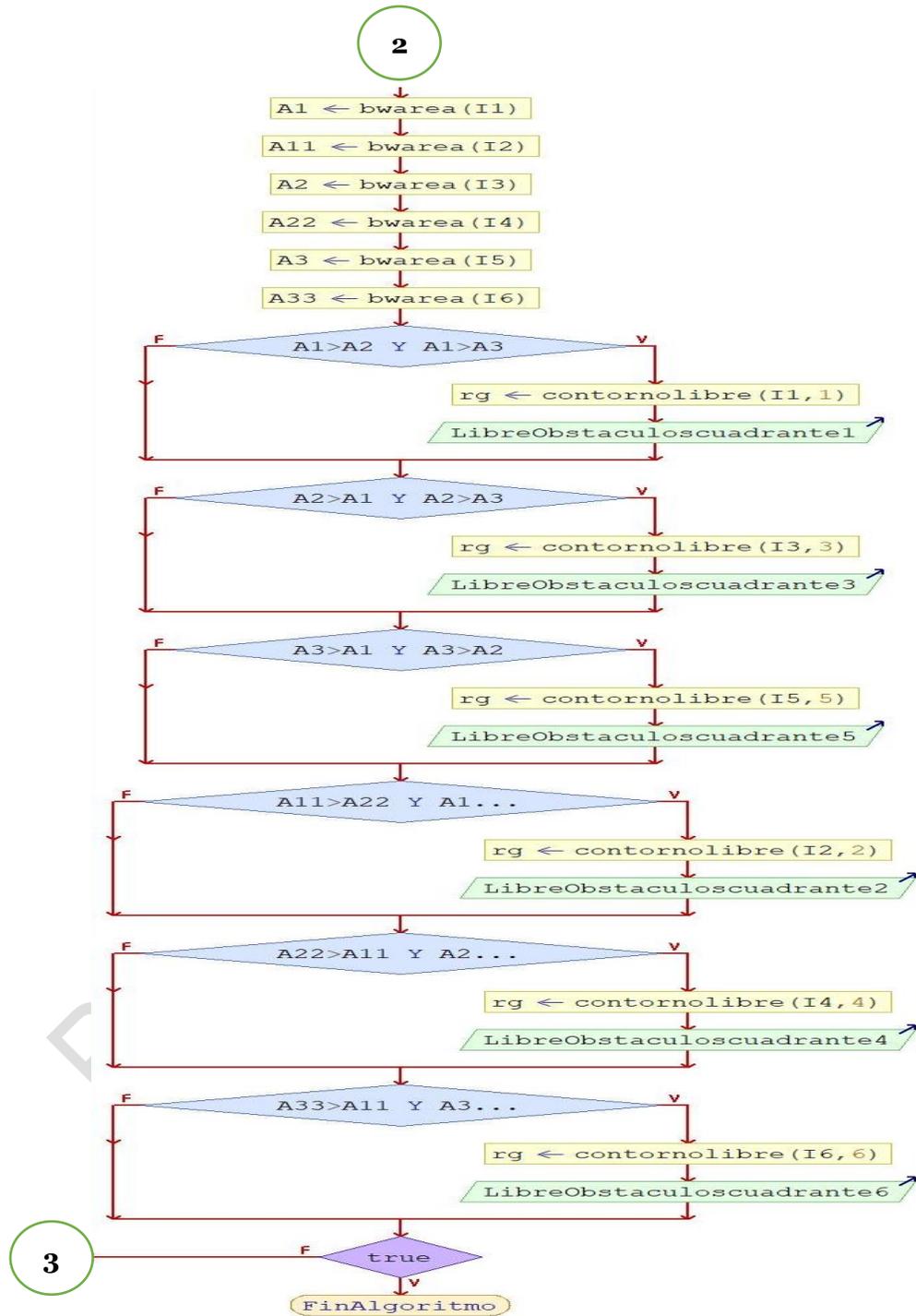
Figura 12. Diagrama de flujo (Principal)



Continuación



Continuación



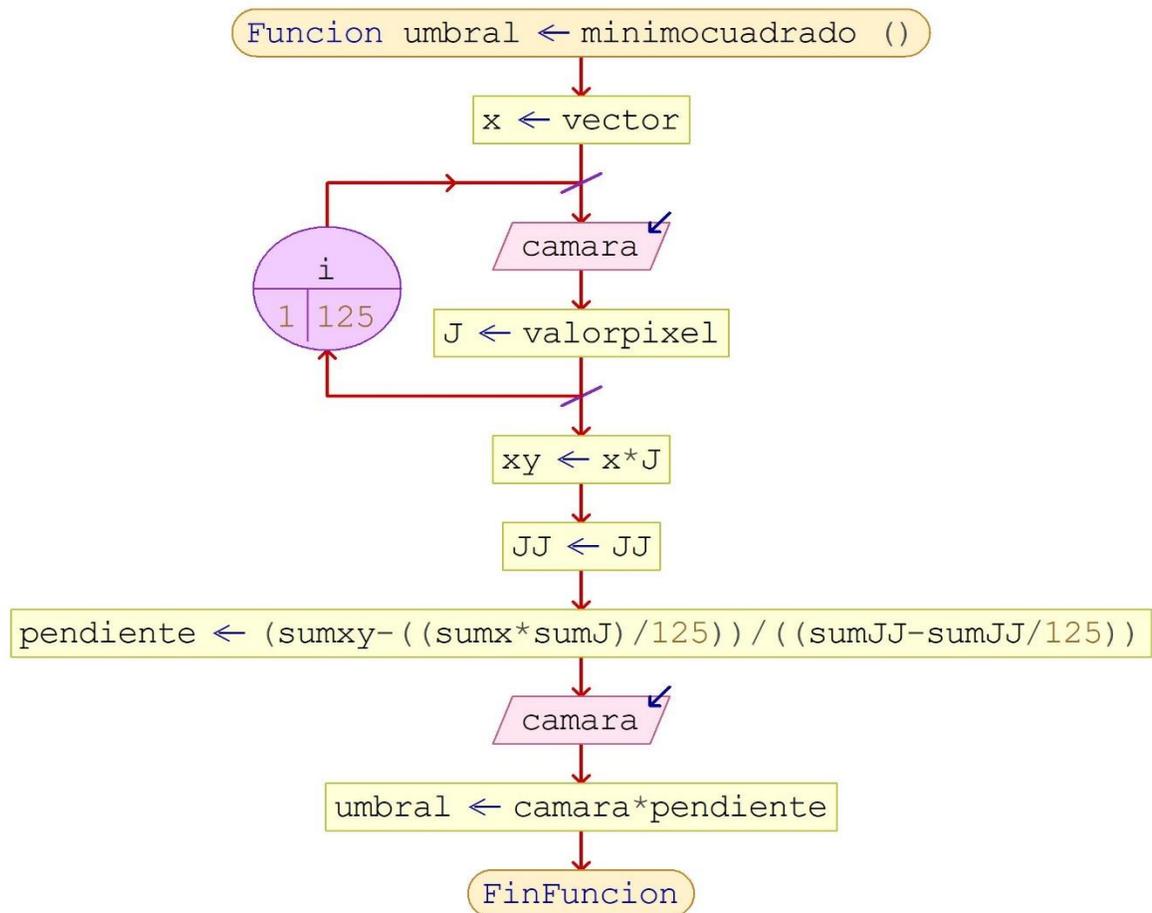
Fuente: Esta investigación

Mínimos cuadrados

Como se ha descrito en desarrollo del trabajo el problema más notable es la varianza de iluminación que está presente en el ambiente cerrados y abiertos. En esta investigación se propone realizar una caracterización del fondo del ambiente se utilizó el cálculo de la pendiente de la recta que más se aproxime a la dispersión de la iluminación.

A continuación, en la figura se muestra el diagrama de flujo implementado en este trabajo.

Figura 13 Diagrama de flujo función mínimos cuadrados

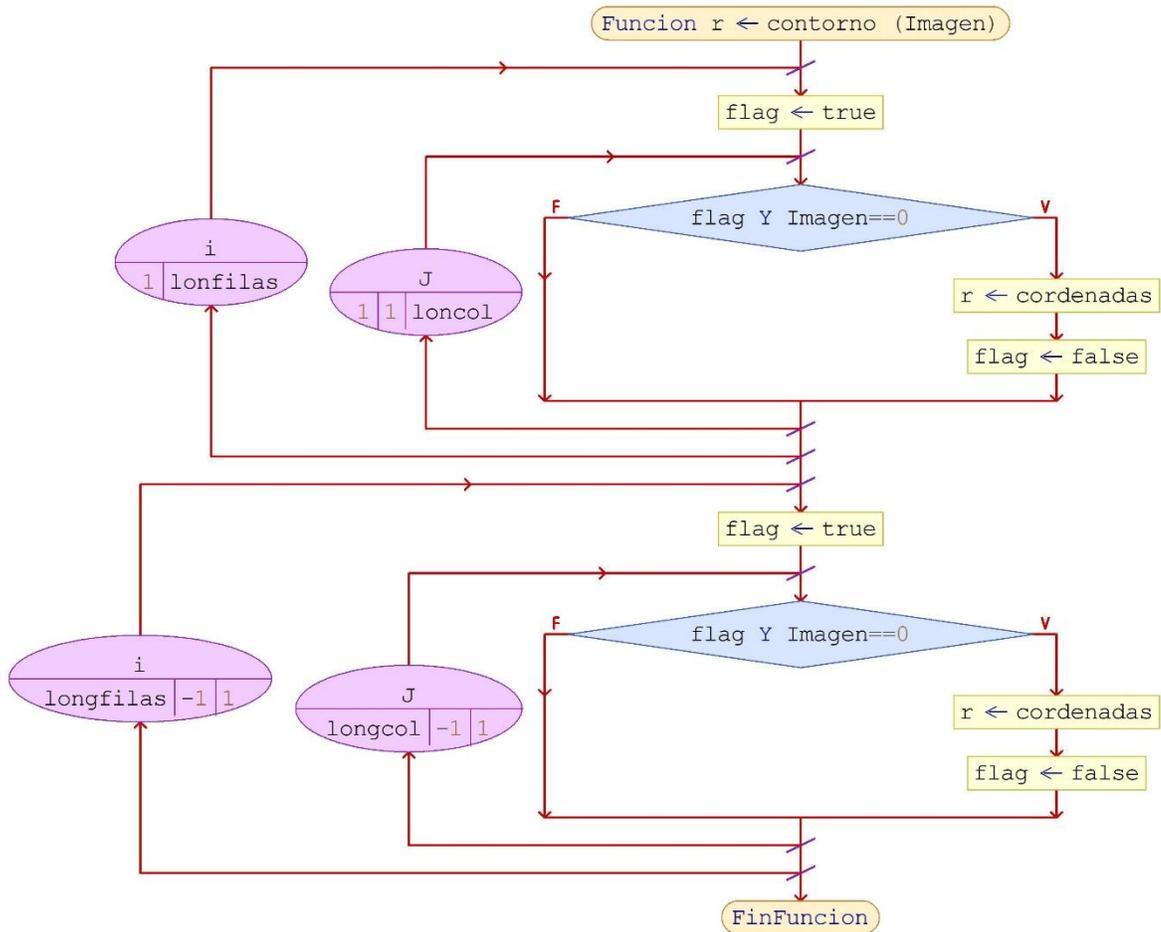


Fuente: Esta investigación

Detector de bordes

La función recibe una imagen en forma de matriz, los elementos de son 0 y 1, la cual es analizada para encontrar el primer y último 1 de cada fila y así poder identificar sus coordenadas en la matriz, este análisis se realiza hasta recorrer toda la matriz y retorna un vector de con dos columnas en el cual contiene las coordenadas.

Figura 14 Diagrama de flujo detector bordes

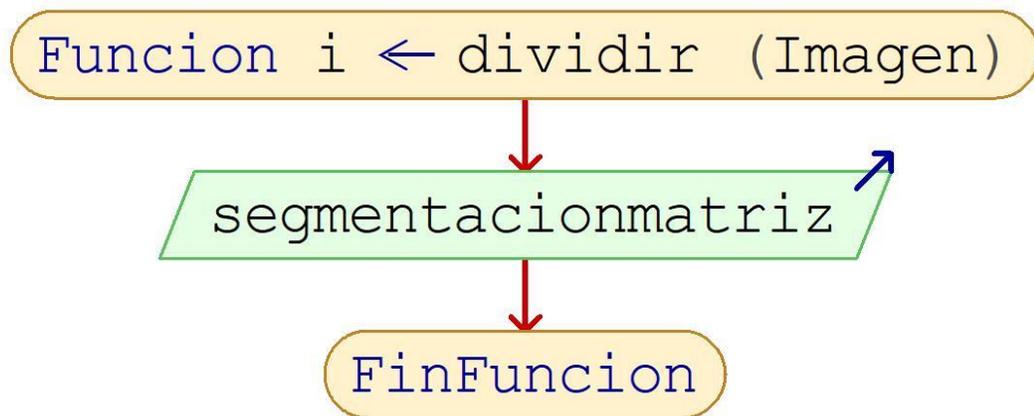


Fuente: Esta investigación

Recorte de imagen

La función recibe la imagen en forma de matriz, el algoritmo planteado para detección de obstáculos se plantea que la imagen tomada se debe dividir en 6 imágenes, realiza una división de columnas y filas de tamaños proporcionales para formar las 6 imágenes y retorna dichas imágenes.

Figura 15. Diagrama de flujo dividir

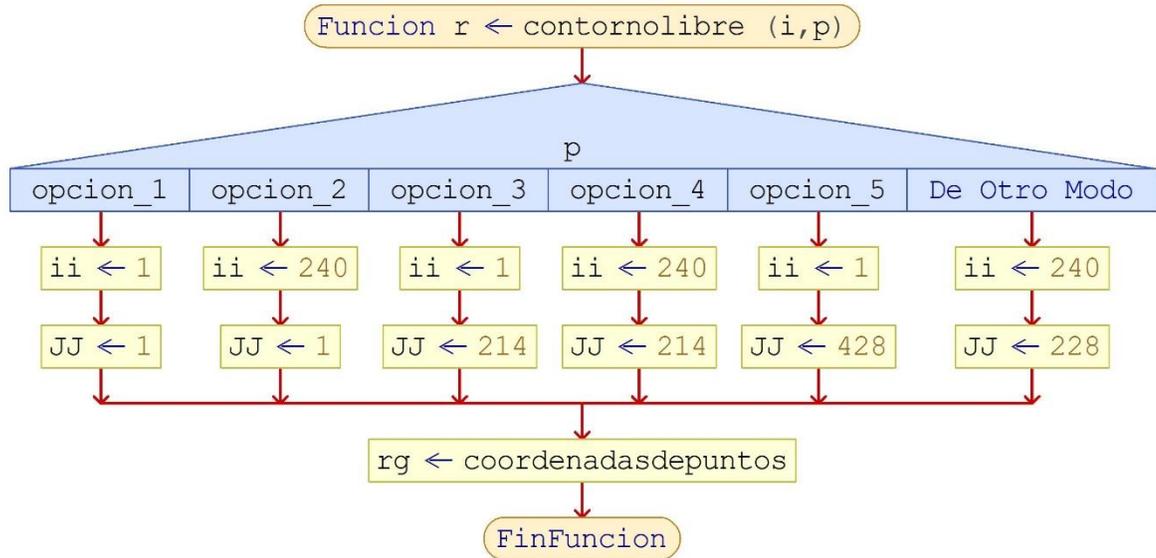


Fuente: Esta investigación

Detector espacio libre

La función recibe la imagen en forma de matriz y también el número de imagen que se está pasando. Aquí realiza el cálculo de las esquinas y luego hace un desplazamiento teniendo en cuenta en número de imagen, este desplazamiento está calculado de acuerdo a la división de las imágenes. Retorna un vector de coordenadas de los puntos calculados.

Figura 16 Diagrama flujo contorno libre

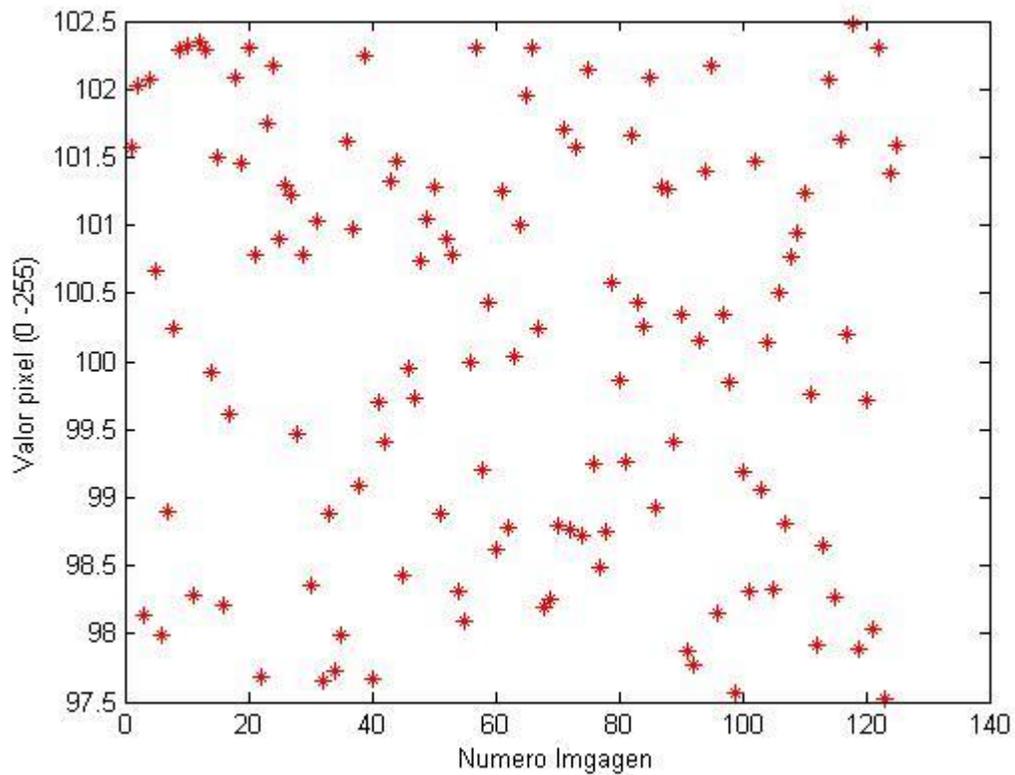


Fuente: Esta investigación

Evaluación del algoritmo

Calculo de la pendiente utilizando los mínimos cuadrados para ello se realizaron varios cálculos a diferentes niveles de intensidad esto con el fin de encontrar la pendiente de la recta.

Figura 17 Distribución de intensidad



Fuente: Esta investigación

Para evaluar el algoritmo se colocaron obstáculos en la región de operación de la cámara con el fin de evaluar la respuesta del algoritmo que se implementó. En la siguiente figura muestra una imagen donde se encuentra un obstáculo situado en el lado izquierdo de la imagen.

Figura 18. Imagen de prueba 1



Fuente: Esta investigación

En la siguiente figura muestra el resultado de aplicarle el algoritmo que muestra un camino el cual puede seguir el invidente, la vía libre esta mostrada por un recuadro de color negro, también se puede evidenciar que el algoritmo detecta que hay un obstáculo, pero encuentra un área libre de obstáculos.

Figura 19. Resultado detección camino libre



Fuente: Esta investigación.

En la siguiente figura muestra una imagen con dos obstáculos uno en el lado izquierdo superior y otro en lado derecho dejando un camino por el centro.

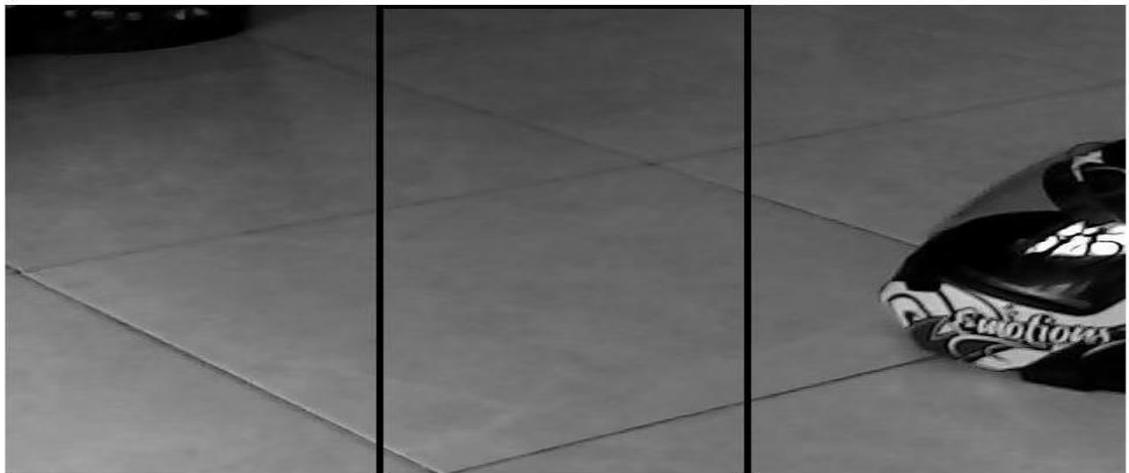
Figura 20 Imagen de prueba 2



Fuente: Esta investigación

En la siguiente figura muestra el resultado de aplicarle el algoritmo para detectar una vía libre el cual es mostrado en un recuadro de color negro.

Figura 21 Resultado de la imagen prueba camino libre



Fuente: Esta investigación.

La siguiente imagen se mantienen el obstáculo de la derecha y se mueve el de la izquierda esto con el fin de que este genere una sombra en piso y se refleje en el área que está libre.

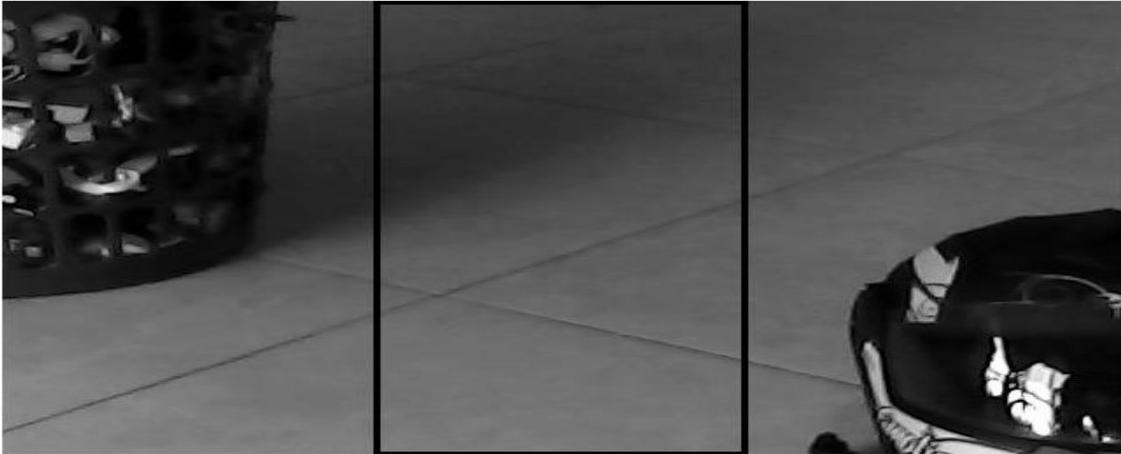
Figura 22 Imagen de prueba 3



Fuente: Esta investigación.

En la siguiente figura se evidencia que el algoritmo reconoce el camino libre sin importar que haya una sombra en el camino libre. El área libre se visualiza con un recuadro de color negro.

Figura 23 Resultado de imagen camino libre



Fuente: Esta investigación.

En la siguiente figura se muestra una imagen que es tomada a la pared se pueden ver algunos contornos de objetos tanto en el lado izquierdo como en el derecho. Visualmente podría decirse que en esta imagen no hay un camino libre debido a que la pared es un obstáculo demasiado grande el cual impide el paso.

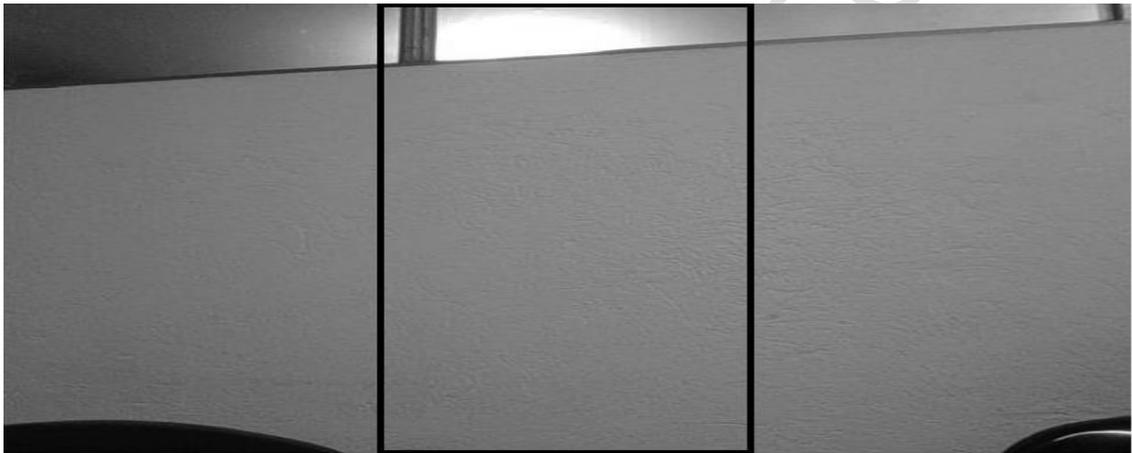
Figura 24. Imagen prueba pared falso camino



Fuente: Esta investigación.

En la siguiente imagen se evidencia que el algoritmo da un camino libre ubicado en el centro de la imagen. Realizando un análisis la imagen tiene dos falsos obstáculos en la imagen lo cual el camino libre seria el centro como lo muestra la figura. Pero como sabemos esta imagen tomada a una pared entonces se puede afirmar que el camino es falso esto se debe a que el algoritmo no está diseñado para este tipo de obstáculos donde abarque la totalidad del área que puede identificar la cámara, esta es una limitante en el proyecto.

Figura 25. Resultado presentado falso camino



Fuente: Esta investigación.

Algoritmo que remarca las imágenes

Se complementa el algoritmo anterior con el fin de que identifique un camino libre y además identifique los objetos que se encuentran en el área captada por la imagen, para indicar el camino libre se identifica con puntos de color verde y el objeto se marca sus contornos con color rojo.

La siguiente imagen es igual a la figura 20 en la que se observa dos obstáculos al lado derecho y en lado izquierdo en la superior.

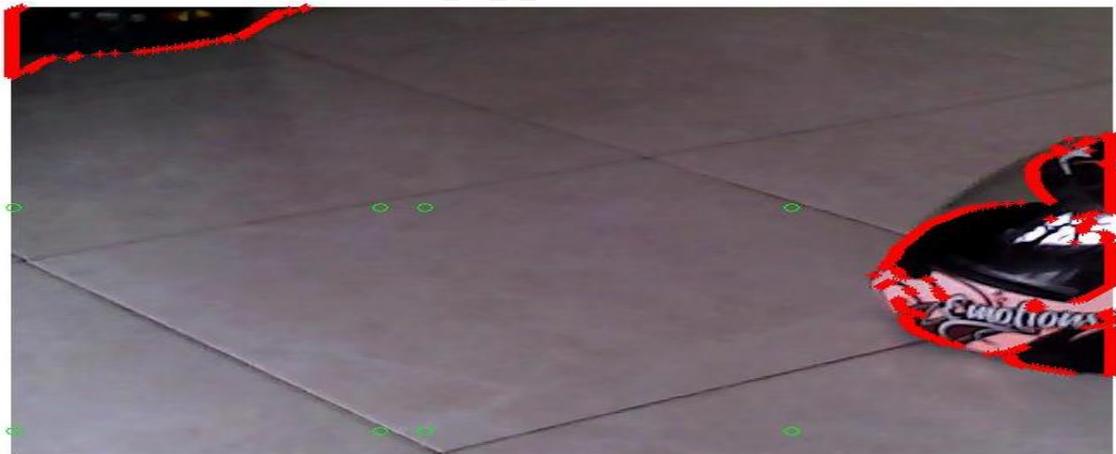
Figura 26. Imagen prueba 1



Fuente: Esta investigación.

En la siguiente figura muestra una imagen donde se evidencia el camino libre el cual está indicado con puntos verdes, y con puntos rojos remarcando los contornos de los objetos.

Figura 27. Resultado imagen



Fuente: Esta investigación.

En la siguiente figura es igual que la 22, en ella se muestra dos objetos que obstaculizan el paso, además de uno de ellos se proyectan una sombra sobre el piso.

Figura 28. Imagen de prueba 2



Fuente: Esta Investigación.

En la siguiente figura se muestra el resultado de aplicarle el algoritmo donde se muestra la detección de los objetos los cuales se remarcan con puntos de color rojo y los puntos de color verde indican el camino libre el cual debe seguir el invidente.

Figura 29. Resultado camino libre y remarcado obstáculo



Fuente: Esta investigación.

En la figura siguiente se muestra una imagen en la cual solo se evidencia un obstáculo en la parte derecha de la imagen dejando una amplia región por donde se puede transitar.

En la figura 31 se muestra el resultado de utilizar el algoritmo y se marca el camino libre indicado con puntos verdes, visualiza dos posibles caminos que se podrían tomar.

Figura 30. Imagen de prueba



Fuente: Esta investigación.

Figura 31 Resultado camino libre y detección obstáculo



Fuente: Esta investigación.

En la figura 32 se muestra una imagen tomada a una pared la cual no tiene ningún camino posible, en la imagen se puede ver contornos de objetos.

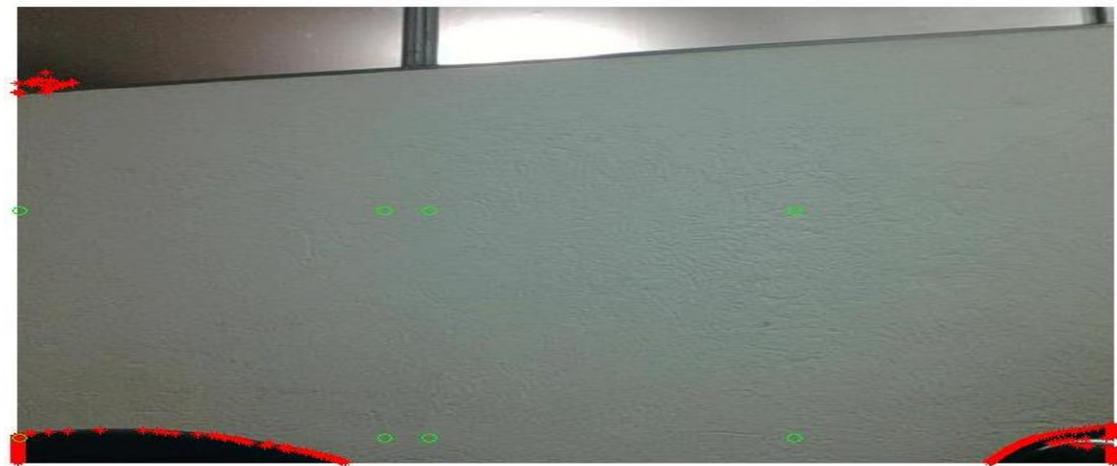
En la figura 33 se muestra el resultado de evaluación del algoritmo donde esta entrega un posible camino lo cual es falso debido a que no hay ningún camino ya que es una pared.

Figura 32. Imagen de pared



Fuente: Esta investigación.

Figura 33. Falso camino y detección de borde obstáculo

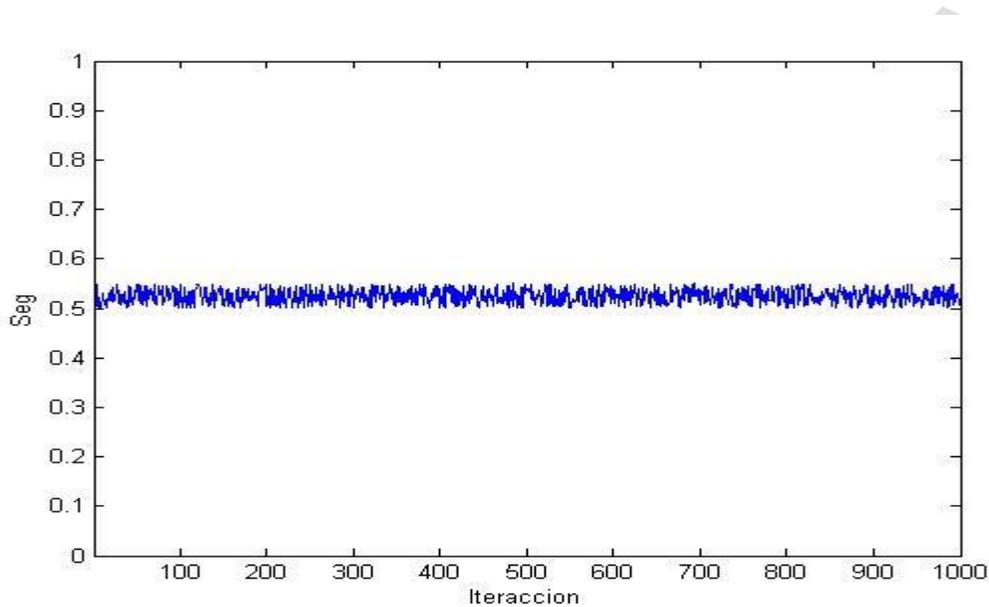


Fuente: Esta investigación.

Evaluación de tiempo en algoritmo

Se evaluó el algoritmo en relación a tiempo el resultado es un promedio de 0.5 segundos con una evaluación de 1000 iteraciones en diferentes imágenes. A continuación, se muestra la figura de la distribución del tiempo.

Figura 34. Evaluación de tiempo del algoritmo



Fuente: Esta investigación.

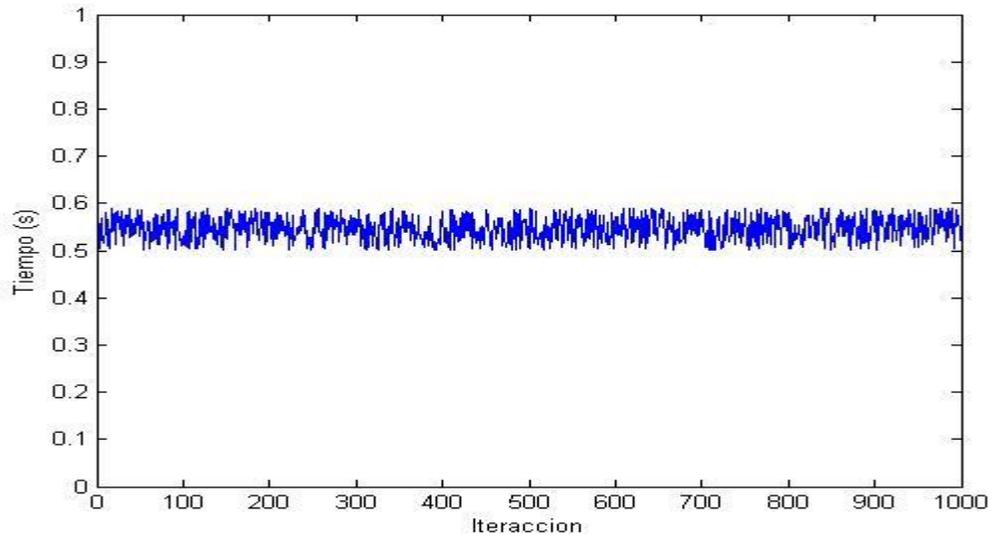
Con el fin de evaluar el tiempo de computo del algoritmo se realizó tres experimentos con el fin de evaluar el tiempo en que tarda el algoritmo en determinar cuál es la vía libre y donde se encuentran los obstáculos.

El primer experimento se realizó utilizando imágenes del doble de alto de la imagen utilizada para el cálculo anterior los tamaños de la imagen son de 960x640 y se consideraron las 1000 imágenes para su evaluación.

En la siguiente figura se muestra la imagen el tiempo que se demora en resolver el algoritmo y el incremento no es muy significativo entre el evaluado en la sección

anterior, se puede concluir que con el incremento de la imagen el tiempo que aumenta es mínimo.

Figura 35 Tiempo imagen ampliada

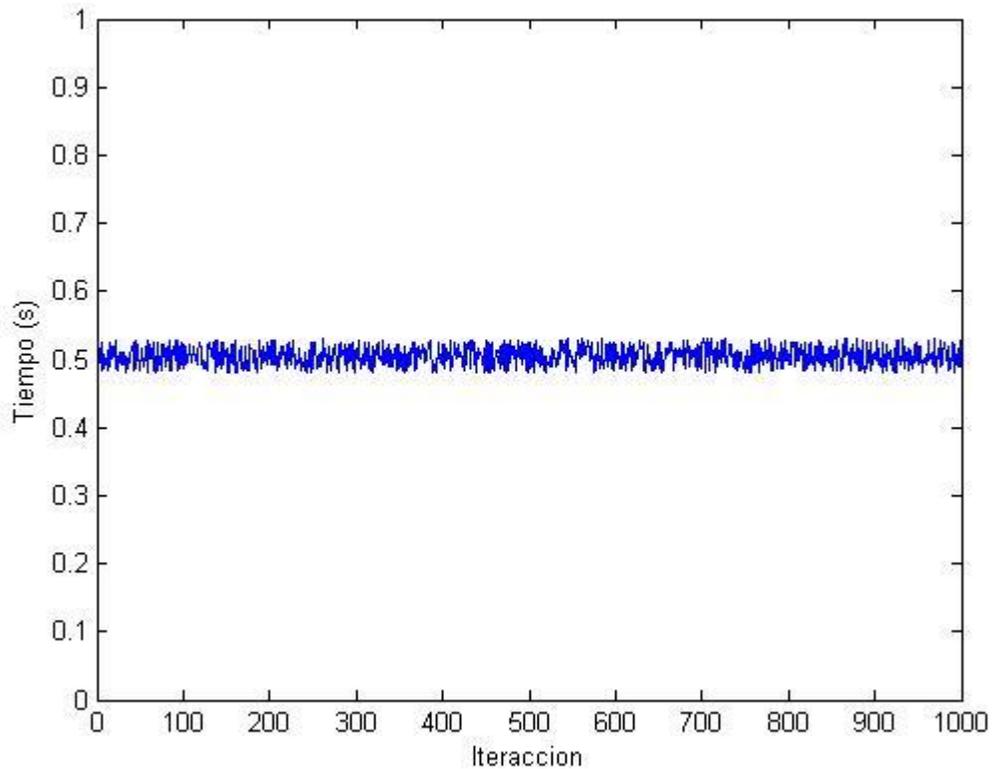


Fuente: Esta investigación

El segundo experimento que se realizó fue utilizando imágenes de la mitad de alto de la imagen utilizada para el cálculo experimento inicial, los tamaños de la imagen son de 240x640 y se consideraron las 1000 imágenes para su evaluación.

En la siguiente imagen se muestra los datos de tiempo para el experimento con imagen disminuida a la mitad y los resultados son similares a los dos anteriores por lo que el aumento o disminución de la imagen tiene una variabilidad mínima con respecto al tiempo.

Figura 36 Tiempo imagen disminuida



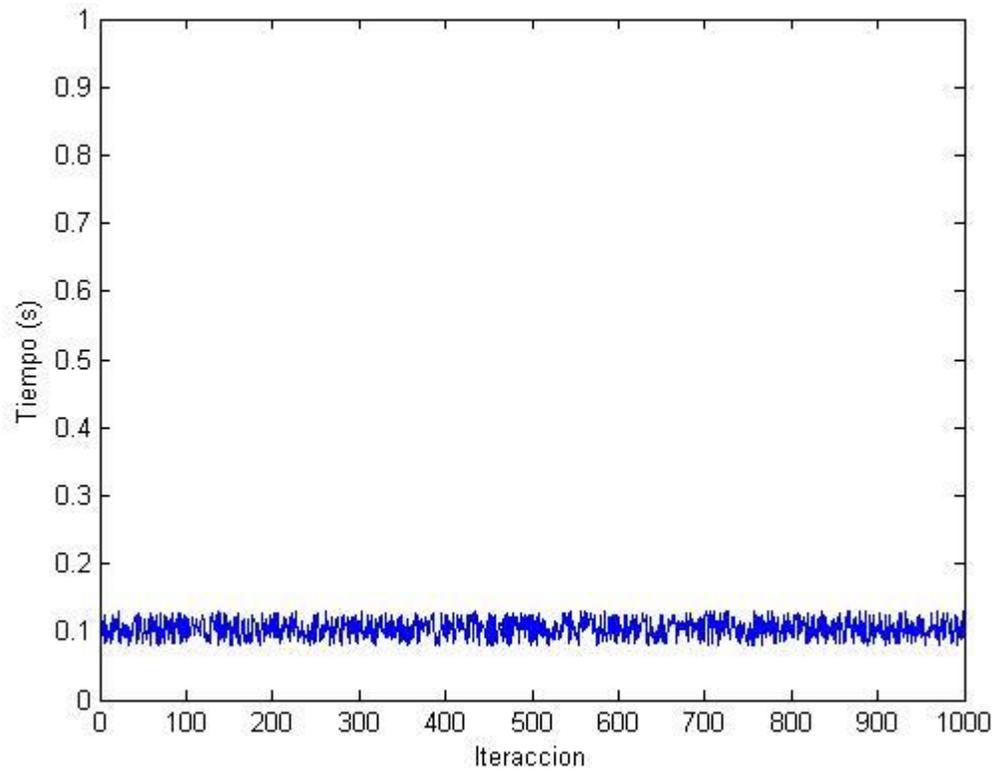
Fuente: Esta investigación

Se realiza un experimento final con el fin de determinar el tiempo que tarda el algoritmo en resolver o determinar la vía y localización de los objetos que obstaculizan el paso, para ello se eliminó todas las funciones de Matlab que son utilizadas para mostrar las imágenes, pintar los puntos y remarcar los obstáculos.

El resultado se muestra en la figura siguiente en la cual se evidencia que disminuye el tiempo en un 80% del valor que se había calculado en las anteriores pruebas donde se concluye que el consumo de tiempo es debido a las instrucciones de muestra de imágenes.



Figura 37 Tiempo sin funciones de Matlab



Fuente: Esta investigación

PROHIBIDA



CONCLUSIONES

En la revisión de la literatura se ha demostrado que la detección de obstáculos en ambientes cerrados es un campo que se ha realizado varias investigaciones desde diversos enfoques, pero aun el problema está abierto.

El tiempo que tarda en evaluar el algoritmo esta en 0.5 segundos, en este tiempo no se considera la toma de los 125 frames para el cálculo de la pendiente que determina el umbral. El tiempo es relativamente bajo considerando que debe realizar adquisición y detección de obstáculos mostrando en el video la detección de objeto.

El algoritmo implementado mostro que hace la detección de los obstáculos y encuentra camino libre con una buena eficiencia, pero tiene inconvenientes en que no puede determinar cuando la imagen es tomada a una pared, esta muestra un camino el cuan no se puede seguir.



RECOMENDACIONES

Con este trabajo se da un avance en identificación de objetos utilizando cámara web y se ha mostrado que es viable detectar objetos en diversos escenarios para los trabajos futuros se recomienda:

Utilizar una cámara con mayor resolución y con un ángulo de visión mucho mayor que el que tiene la web cam, esto con el fin de cubrir una mayor área.

Implementar el algoritmo en un sistema embebido para realizar una evaluación de tiempos en un hardware limitado.

PROHIBIDA SU COPIA



BIBLIOGRAFÍA

APRENDE, Colombia. Colombia aprende. (26.09.2016,4:00p.m). Disponible en:
<http://www.colombiaprende.edu.co/html/familia/1597/w3-channel.html>

PASTO. División política de pasto. (20.08.2016,10:00a.m). Disponible en:
<http://www.pasto.gov.co/index.php/...de.../105-despacho-2011>

JAWS (software) disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/JAWS_\(software\)](https://es.wikipedia.org/wiki/JAWS_(software))

TENDENCIAS. Tendencias tecnológicas. (23.08.2016,10:00p.m). Disponible en:
http://www.tendencias21.net/Nuevo-baston-inteligente-ayuda-a-enlos-ciegos-a-evitar-obstaculos_a20626.html

RODRÍGUEZ, Francisco. Zapatos vibradores. (23.08.2016,10:30p.m). Disponible en:
<http://www.elmundo.es/internacional/2014/11/06/545b593522601d51218b457d.html>

BLU RADIO. Bastón inteligente para invidentes. (23.08.2016,11:00p.m). Disponible en: <http://www.bluradio.com/96265/baston-inteligente-para-invidentes-funcionaria-con-sensores-y-traves-de-app>

Colaboradores de Wikipedia. *Espacio de color* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2017 [fecha de consulta: 8 de abril del 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Espacio_de_color&oldid=102418697>.

Colaboradores de Wikipedia. *YUV* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2017 [fecha de consulta: 8 de abril del 2018]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=YUV&oldid=101024215>>.



NOGUEIRA, Xesús. *Formulaciones de minimos cuadrados moviles y de volumenes finitos de alto orden para la simulacion numerica de flujos compresibles*. 2009. Tesis Doctoral. Universidade da Coruña.

Colaboradores de Wikipedia. Mínimos cuadrados [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2017. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%ADnimos_cuadrados&oldid=103504045>.

Colaboradores de Wikipedia. *Ceguera* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018-Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ceguera&oldid=106945295>>.

Colaboradores de Wikipedia. *Cuerpo rígido* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cuerpo_r%C3%ADgido&oldid=96714987>.

RAMOS, Arelly. Ultrasonic view. (23.08.2016,10:30p.m) Disponible en:http://www.optica.inaoep.mx/tecnologia_salud/2016/documentos/memorias/MyT2016_119_E.pdf

Colaboradores de Wikipedia. *Sistema de referencia* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_referencia&oldid=107126721>.

Colaboradores de Wikipedia. Orientación [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2018]. Disponible en



<<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Orientaci%C3%B3n&oldid=107317712>>.

Colaboradores de Wikipedia. Posición [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 2 de mayo del 2018]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Posici%C3%B3n&oldid=107190062>>.

OROZCO, Delia. Procesamiento digital de imágenes. (20.09.2016,10:00 a.m.). Disponible en: <http://cauchemarg.blogspot.com.co/2013/11/51-procesamiento-de-imagenes.html>

DEIOC, Nereida. Matlab. (23.08.2016,12:00a.m). Disponible en:<http://nereida.deioc.ull.es/~pcgull/ihiu01/cdrom/matlab/contenido/node2.html>

PROAKIS, John G., et al. Tratamiento digital de señales. Pearson Educación, 2007.

Realidad aumentada. Disponible en:http://sacosta.org/ra/realidad_aumentada.html.

Sistema de información. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informaci%C3%B3n

Materiales didácticos. Disponible en: http://recursostic.educacion.es/descartes/web/materiales_didacticos/matrices/matrices_definicion_y_tipos.htm

Alcaldía de Bogotá. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=17283>

Normatividad en espacios cerrados. Disponible en: http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/uiet/normatividad_sobre_viviendas_con_asistencia_a_discapacitados.pdf



MIT. disponible en: <http://www.enter.co/cultura-digital/el-popurri/mit-inventa-camara-que-puede-ver-la-velocidad-de-la-luz/>

Líneas de investigación cidae disponible en:
<http://cidae.aunar.edu.co/images/Documentos/LineasInvestigacion.pdf>

Cualitativo. Disponible en: http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/cualitativo_cuantitativo_mixto.html (27.09.2016,01:40 p.m.)

Metodología de la investigación Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos14/investigacion/investigacion.shtml#ixzz4LR1tXVTw>

Método deductivo. Disponible en: <http://definicion.de/metodo-deductivo/>