

# ALGORITMOS PARA LA SOLUCIÓN DE LABERINTOS UTILIZANDO KINECT

González Zaragoza, Alexis Alejandro (1), Vergara Esparza, Rosalia (2), Cano Lara, Miroslava (3),  
Ramírez Escobar, José Francisco (4), Zavala Constantino, Agustín (5)

1 Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato | Dirección de correo electrónico:  
alexisgonzara@gmail.com

2 Ingeniería en Sistemas Automotrices, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato | Dirección de correo electrónico:  
rosalia.vergara@itesi.edu.mx

3 Ingeniería en Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato | Dirección de correo electrónico:  
miroslava.cano@itesi.edu.mx

4 Ingeniería en Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato | Dirección de correo electrónico:  
asker\_paco@hotmail.com

5 Ingeniería en Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato | Dirección de correo electrónico:  
azavalaz65@gmail.com

## Resumen

A lo largo de la historia, los laberintos han llegado a ser obras fascinantes para la humanidad por su estructura y complejidad, los cuales se pueden presentar en ocasiones al término de ciertos desastres naturales, donde los escombros pueden llegar a formar caminos o rutas muy complejas para dar apoyo después de este evento, una solución a este problema es la implementación de una navegación guiada para encontrar automáticamente una ruta, sin riesgos para las personas, esto se asimila a encontrar la solución de un laberinto. En este trabajo se propone un algoritmo para la solución de laberintos, donde se verá el laberinto como un obstáculo a resolver, para esto se utilizará un móvil y el sensor Kinect para posteriormente emplear algoritmos de procesamiento de imágenes “morfología matemática”, y la implementación de una red neuronal artificial (RNA) para la toma de decisiones sobre el camino y de esta forma lograr que el móvil pueda tomar decisiones por su propia cuenta, las cuales lo llevaran al final del laberinto obteniendo una navegación inteligente sin necesidad de un operador. El algoritmo propuesto muestra su alta eficiencia frente a diferentes condiciones de camino obteniendo un 100% de eficiencia en la toma de decisiones.

## Abstract

Along the history, labyrinths have become fascinating works for the humanity for their structure and complexity, which may occur occasionally at the end of certain natural disasters, where debris may form complex paths or routes to support after this situation, a solution to this problem is the implementation of a guided navigation to automatically find a route, without risk to people, this is assimilated to find the solution of a labyrinths. This paper proposes an algorithm for solving labyrinths, where the labyrinths is seen as an obstacle to solving, for this mobile and the Kinect sensor will be used for later use image processing algorithms “mathematical morphology”, and the implementation of an artificial neural network (ANN) for decision-making on the road and thus make the mobile can take decisions on their own and thus make the mobile can make decisions on their own, which take him to the end of the labyrinths getting smart navigation without an operator. The proposed algorithm shows high efficiency against different road conditions obtaining 100% efficiency in decision-making.

### Palabras Clave

Morfología Matemática, Procesamiento Digital de Imagen y Redes Neuronales MLP.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, los laberintos han llegado a ser obras fascinantes para la humanidad por su estructura y complejidad, siendo un reto para el hombre resolverlos. Más aún, los laberintos pueden ser un punto de partida para la implementación de una navegación inteligente para robots móviles sin necesidad de un operario. En la literatura revisada existen diferentes algoritmos para este tipo de aplicaciones, las técnicas tradicionales utilizadas son el uso de cámaras comerciales para el procesamiento de imágenes, el cual se utiliza como punto de partida para la toma de decisiones [1], [2], [3] y [4]. Por ejemplo, [5] se presentan un algoritmo para la solución de laberintos utilizando procesamiento de imágenes, donde las imágenes capturadas de cada esquina del laberinto son utilizadas para resolver el mismo, sin embargo, este algoritmo no es muy confiable ya que en ciertas aplicaciones no se cuenta con este tipo de problema. [6] Se presenta un sistema de bajo costo basado en un arreglo de compuertas lógicas programables FPGA, para aplicaciones de robots móviles, sin embargo no presentan ningún sistema de decisión de navegación, por estas razones, el desarrollo de algoritmos para búsqueda y el procesamiento de imágenes han favorecido el crecimiento en la solución de laberintos y lograr llevarlos a la implementación para la solución de problemas reales. Más aún la aparición de sensores de diferente índole fortalece este mismo objetivo, tal es el caso del Kinect para XBOX 360 [5], [6] y [7]. En este trabajo se propone un algoritmo para la solución de laberintos, donde se verá el laberinto como un obstáculo a resolver, para esto se utilizará un móvil y el sensor Kinect para posteriormente emplear algoritmos de procesamiento de imágenes “morfología matemática”, y la implementación de una red neuronal artificial (RNA) para la toma de decisiones sobre el camino y de esta forma lograr que el móvil pueda tomar decisiones por su propia cuenta las cuales lo llevaran al final del laberinto. El algoritmo propuesto muestra su alta eficiencia frente a diferentes condiciones de camino obteniendo un 100% de eficiencia en la toma de decisiones.

## Sensor Kinect

Es un controlador que inicialmente su creador Alex Kipman lo diseñó con la finalidad de implementarlo y desarrollarlo junto con Microsoft para la videoconsola Xbox 360 para aplicaciones de juegos y entretenimiento. Pero en los últimos 6 años, la visión con la que se creó inicialmente Kinect se ha modificado considerablemente, se han logrado realizar proyectos en los que la información arrojada por este equipo facilita y favorecen la solución de problemas en varias áreas del conocimiento donde se trabaja con imágenes y distancias.

Dado el diseño e implementación del Kinect, este trabaja con tres cámaras, una cámara RGB que obtiene imágenes en color y dos cámaras de infrarrojos para medir la distancia a la que se encuentran los elementos que están en el campo de visión, ver IMAGEN 1.

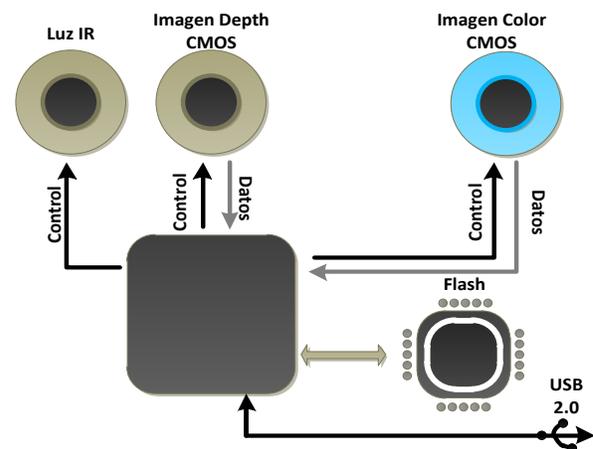


IMAGEN 1: Estructura de Kinect para XBOX 360

## Métodos de solución de laberintos

Para la solución de laberintos sin conocer su estructura los métodos más conocidos son primeramente, el método de solución de la mano derecha, el cual consiste en tomar como prioridad moverse siempre a la derecha cuando se tiene dos opciones de camino, siendo éste el más empleado en robots para solución de laberintos, debido a su simple implementación. Otro método es el de

rehacer caminos, eliminar colisiones y moverse al azar, utilizando dada su complejidad técnicas de inteligencia computacional para resolver el laberinto.

### Procesamiento digital de imágenes

Es el conjunto de técnicas que se aplica a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información.

Una imagen digital es una función  $f(x,y)$  que ha sido discretizada en coordenadas espaciales y en luminosidad, donde a cada elemento  $f(x_i,y_j)$  de la función  $f(x,y)$  recibe el nombre de pixel, ver IMAGEN 2. [8]

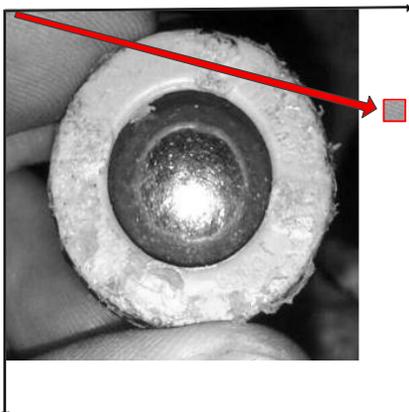


IMAGEN 2: Imagen digital de una bola loca robótica  $f(x,y)$

El procesamiento digital de imágenes o estudio del procesado de imágenes se realiza haciendo uso de un ordenador digital como herramienta de trabajo. [9]

### Redes Neuronales Artificiales

Se basan en el comportamiento de una neurona y la comunicación entre neuronas. Una neurona es un nodo dentro de una red neuronal que realiza una sumatoria no lineal para procesar información. Las conexiones neuronales (sinapsis) trasladan información entre las interconexiones de la red. Las neuronas específicas son dedicadas para funciones de entrada o salida, y otras son internas en la red con configuración de perceptrón de multi-niveles (MLP), para promover el

procesamiento de la información, como se muestra en la IMAGEN 3.

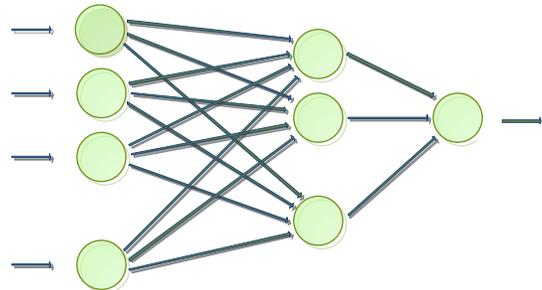


IMAGEN 3: Arquitectura de una Red Neuronal Artificial MLP

### MATERIALES Y MÉTODOS

Planteado el problema a resolver con los estados de inicio y final, así como las restricciones para el desarrollo del mismo, se requirió hacer uso de los siguientes materiales y métodos.

Los materiales utilizados para la realización del proyecto se presentan en la siguiente lista:

1. Arduino UNO: Utilizado para el control del movimiento del móvil a través del laberinto.
2. Tarjeta de comunicación Bluetooth: Utilizado para realizar la comunicación entre la PC y el Arduino UNO de forma inalámbrica.
3. Kinect XBOX 360: Utilizado para la captura de las imágenes tanto de distancia como de RGB.
4. MatLAB: Software utilizado para la programación de los algoritmos en la solución del laberinto.

Como se mencionó con anterioridad, los métodos más utilizados son dos, en el caso de este trabajo, se está haciendo uso de un método con algunas variantes del método de la mano derecha y también haciendo uso de algunas características del método de rehacer caminos, eliminar colisiones y moverse al azar. El método utilizado para lograr resolver el problema propuesto se basa en la implementación de varias áreas de la ingeniería como son electrónica (para el diseño del móvil), procesamiento digital de imágenes (para el tratado de las imágenes y lograr su clasificación de las decisiones) e inteligencia computacional (para la toma de decisiones).

En la IMAGEN 4 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo implementado para la solución de laberinto que se desarrolló en este proyecto.

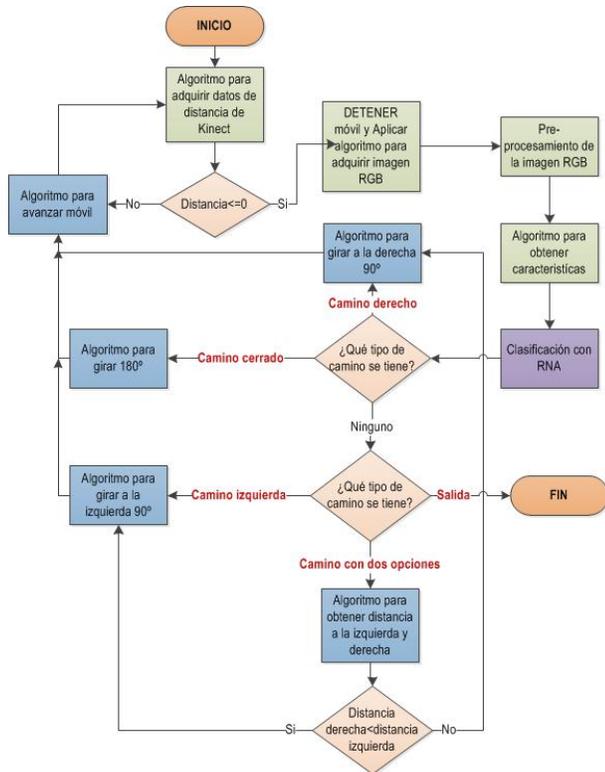


IMAGEN 4: Diagrama de flujo para la solución del laberinto

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la realización del algoritmo se hizo uso de los toolbox de procesamiento de imágenes, redes neuronales y arduino de matlab.

En la Tabla 1 se muestran las imágenes de los casos que se tratan con respecto a los caminos del laberinto y las imágenes correspondientes después de realizarles el procesamiento correspondiente para obtener sus características y poder clasificar por medio de una RNA que tipo de camino se tiene.

En la Tabla 2 se muestran el promedio las características de una de las imágenes muestras que se utilizaron para clasificar los caminos. Las imágenes utilizadas para el entrenamiento y validación de la clasificación en la RNA fueron 20 por cada caso.

Tabla 1: Resultados de las imágenes obtenidas por Kinect y su procesamiento

	Camino con dos opciones	Camino cerrado	Camino vuelta a la izquierda	Camino vuelta a la derecha
Imagen original				
Imagen procesada para obtener características cas				

## CONCLUSIONES

Se creó un algoritmo que implementado en un móvil logra el desplazamiento por un laberinto y la llegada a la salida del mismo de una forma

Tabla 2: Características de los diferentes caminos

	Camino con dos opciones	Camino cerrado	Camino vuelta a la izquierda	Camino vuelta a la derecha
Centroide X	434.03842	405.52914	335.43630	412.03697
Centroide Y	399.64023	385.46123	391.25027	401.24996
Área	5284.00000	5507.00000	5542.00000	5681.00000
Perímetro	1724.90159	1820.69343	1810.90159	1805.20310
Varianza	0.00136	0.00125	0.00476	0.00145
Media	0.99920	1.06883	0.72584	1.02045
Skewness	0.26373	0.57552	-6.78708	0.55880
Kurtosis	54.50078	248.11606	364.47847	96.35338

autónoma haciendo uso de los datos adquiridos por el sensor Kinect. Además obtiene el desplazamiento del móvil considerando condiciones de pisos no homogéneos en su

coloración, permitiendo la capacidad de implementarlo en diferentes tipos de caminos sin condiciones ideales.

El algoritmo trabaja con una matriz de confusión que nos arroja una tasa de éxito global del 100% por lo que las tomas de decisiones son seguras al hacer las clasificaciones de los caminos y el desplazamiento del móvil para llegar a la salida del laberinto, y agregando a los resultados rapidez al desplazarse por el laberinto.

## AGRADECIMIENTOS

Quienes trabajamos en este proyecto agradecemos el apoyo al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato por brindarnos el apoyo para la realización del mismo y al M.I. Misael López Ramírez por compartir con nosotros sus conocimientos.

## REFERENCIAS

- [1] Jason M. V. (2008). Técnicas de inteligencia artificial para la solución de laberintos de estructura desconocida. *Scientia et Technica* Año XIV, 39, 135-140.
- [2] A. Kumaravel. (2012). Constructing and Automaton for exploring Dynamic Labyrinths. 2012 International Conference on Radar, Communication and Computing (ICRCC), 12, 161-165. DOI: 10.1109/ICRCC.2012.6450568.
- [3] Behnam R. (2012). An Image Processing Approach to Solve Labyrinth Discovery Robotics Problem. 2012 IEEE 36th International Conference on Computer Software and Applications Workshops, 114, 631-636. DOI: 10.1109/COMPSACW.2012.114.
- [4] Jordil A.C. (2012). Embedded low-power low-cost Camera Sensor based on FPGA and its applications in mobile robots. 2012 19th IEEE International Electronics, Circuits and Systems (ICECS), 10, 336-339. DOI: 10.1109/ICECS.2012.6463733.
- [5] Iason O. (2011). Efficient Model-based 3D Tracking of Hand Articulations using Kinect. The 22nd British Machine Vision Conference BMVC 2011, 101, 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.5244/C.25.101>.
- [6] Victor F. (2012). Blind navigation support system based on Microsoft Kinect. 4th International Conference on Software Development for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion (DSAI 2012), 14, 94-101. DOI: 10.1016/j.procs.2012.10.011.
- [7] Shuangshuang L. (2013). Fusing Visual Tracking and Navigation for autonomous Control of An Intelligent Wheelchair. 3rd IFAC International Conference on Intelligent Control and Automation Science, 8, 549-554. DOI:10.3182/20130902-3-CN-3020.00149.

[8] Boris Escalante Ramírez, (2006), *Procesamiento Digital de Imágenes*, Agosto.

[9] Gonzalez, R.C., and Woods, P., (2002), *Digital Image Processing*, Addison Wesley.