

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

PERSPECTIVAS CIENTÍFICO TECNOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO Y LA INNOVACIÓN EN NUESTRO ENTORNO

**Dr. Jorge Octavio Mata Ramírez
Dr. Juan Iván Nieto Hipólito
Dra. Mabel Vázquez Briseño**

**Ensenada, Baja California,
1 y 2 de diciembre de 2015**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



PERSPECTIVAS CIENTÍFICO TECNOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO Y LA INNOVACIÓN EN NUESTRO ENTORNO

Ensenada, Baja California, diciembre de 2015



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Dr. Juan Manuel Ocegueda Hernández
RECTOR

Dr. Alfonso Vega López
SECRETARIO GENERAL

Dra. Blanca Rosa García Rivera
VICERRECTORA CAMPUS ENSENADA

Dr. Juan Iván Nieto Hipólito
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

Dr. Juan Tapia Mercado
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

M en I. Joel Melchor Ojeda Ruiz
SUBDIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

C.P. María Del Consuelo Armendáriz Flores
ADMINISTRADOR, FIAD

© D.R. 2015 UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

Las características de esta publicación son propiedad de la Universidad Autónoma de Baja California.

ISBN: 978-0-692-61126-5

PERSPECTIVAS CIENTÍFICO TECNOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO Y LA INNOVACIÓN EN NUESTRO ENTORNO

[http:// fiad.ens.uabc.mx/](http://fiad.ens.uabc.mx/)

Correo electrónico.: dirección.fiad@uabc.edu.mx

Diseño de Portada: Equipo de Diseño FIAD-UABC

Edición. Jorge Mata



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

PERSPECTIVAS CIENTÍFICO TECNOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO Y LA INNOVACIÓN EN NUESTRO ENTORNO

Editores

**Dr. Jorge Octavio Mata Ramírez
Dr. Juan Iván Nieto Hipólito
Dra. Mabel Vázquez Briseño**

**Ensenada, Baja California,
1 y 2 de diciembre de 2015**

ÍNDICE

	<i>Pág</i>
Presentación	<i>iii</i>
Agradecimientos	<i>v</i>
Índice	<i>vii</i>
1 MODELO DE INFERENCIA Y SISTEMA PERSUASIVO PARA MOTIVAR HÁBITOS QUE MEJORAN LA CALIDAD DEL SUEÑO	1
Arturo Laflor Hernández & Mabel Vázquez Briseño	
2 AMBIENTE INTELIGENTE PARA EL APOYO EN TERAPIAS DE TRASTORNO ESPECÍFICO DE LENGUAJE	8
Karla Ivette Arce Ruelas, Omar Álvarez Xochihua & José Ángel González Fraga	
3 EVALUACIÓN A UN SISTEMA MODULAR DE ÓRTESIS PLANTAR: PLANTILLA CON SOPORTES AJUSTABLES	14
Ramírez Ríos Lidia Yolanda	
4 OPTIMIZACIÓN DUAL PARA EL DISEÑO ROBUSTO UTILIZANDO EL MÉTODO DE PERTURBACIÓN SIMULTÁNEA	18
Melissa Airem Cázares Manríquez	
5 PROPUESTA DE DISEÑO DE PROTOTIPO PARA MONITOREO DE NIVEL DE GLUCOSA EN SANGRE POR ESPECTROMETRÍA DE INFRARROJO	25
G. Romo-cárdenas & J. Sánchez-López	
6 FACTORES DE ÉXITO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DEL SECTOR ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE LAS PYMES EN MÉXICO	31
Sergio Alonso Hernández Castillo, Yolanda Angélica Báez López, Diego Alfredo Tlapa Mendoza & Jorge Limón Romero	
7 SÍNTESIS VERDE DE BIONANOCOMPOSITOS DE ÓXIDO DE ZINC SOPORTADOS SOBRE MCM-41 APLICADOS EN REMOVER EL AZUL DE METILENO	36
Osvaldo Jesús Nava Olivas, Claudia Mariana Gómez Gutiérrez & Priscy Alfredo Luque Morales	
8 EVALUACIÓN DE NANOMATERIALES LUMINISCENTES FUNCIONALIZADOS PARA EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE NEOPLASIAS MALIGNAS	42
Claudia Gómez, Karla Juárez & Nayeli Girón	
9 ACTUALIZACIÓN DEL MODELO DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE GUADALUPE, ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO	52
Alejandro Figueroa Núñez & José Rubén Campos Gaytán	
10 ALGORITMO METAHEURÍSTICO PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE RUTAS ABIERTAS DE VEHÍCULOS CON VENTANAS DE TIEMPO (OVRPTW)	61
Alma Danisa Romero Ocaño & Héctor Efraín Ruíz Y Ruíz	
11 SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA PARA APOYAR A LA PREVENCIÓN DE LA OBESIDAD INFANTIL	67
Oseas Neftali Gómez Soto & Mabel Vázquez Briseño	
12 DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE Y LIBERACIÓN CONTROLADA DE FÁRMACOS BASADOS EN NANOGELES POLIMÉRICOS	72
Carlos Alberto Soto Robles & Priscy Alfredo Luque Morales	

13	ALGORITMO METAHEURÍSTICO PARA SOLUCIÓN DE PROBLEMA DE RUTEO EN ARCOS CON CAPACIDAD LIMITADA EN LOS VEHÍCULOS (CARP)	..... 79
	Víctor Manuel Valenzuela Alcaraz & Héctor Efraín Ruiz Y Ruiz	
14	DISEÑO DE UNA ÓRTESIS PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES, GENERADA CON BASE EN CARTAS ANTROPOMÉTRICAS EN BAJA CALIFORNIA	..... 85
	Ensaldo Rentería Elsie Vanessa & Camargo Wilson Claudia	
15	GENERADOR DE PULSOS ÓPTICOS PARA SISTEMAS DE COMUNICACIÓN ÓPTICA INALÁMBRICA	..... 91
	Ramón Muraoka E.	
16	DETERMINACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO Y HERRAMIENTAS DE SEIS SIGMA EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR (IES) EN MÉXICO	..... 96
	Carlos Uriel Gastelum Acosta & Jorge Limón Romero	
17	ENCRIPTADOR CAÓTICO DE IMÁGENES EMPLEANDO UN SISTEMA EMBEBIDO	..... 103
	Flores-Vergara Abraham, Rodríguez-Orozco Eduardo, García-Guerrero E.E., Inzunza-González Everardo & López-Bonilla Oscar R.	
18	DISEÑO DE INTERLOCUTOR IEEE1451-HL7 PARA MONITOREO DE SALUD A DISTANCIA	..... 108
	Ramírez-Ramírez Raúl, Cosío-León María, Ojeda-Carreño Dolores, Vázquez-Briseño Mabel & Nieto-Hipólito Juan Iván	
19	RE-IDENTIFICACIÓN FACIAL BASADO EN FILTROS DE CORRELACIÓN	..... 116
	Everardo Santiago Ramírez, José Ángel González Fraga, Everardo Gutiérrez López & Omar Álvarez Xochihua	
20	ECUACIONES PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN AMPLIACIÓN DEL DIÁMETRO DE CONDUCTOS FORZADOS	..... 121
	José Juan Villegas León, Álvaro Alberto López-Lambraño & José Gustavo Morales Nava	
21	ESTADO DEL ARTE DE SISTEMAS SLAM QUE EMPLEAN SENSORES TIPO KINECT	..... 126
	José Ángel González Fraga, Víctor Hugo Díaz Ramírez & Omar Álvarez Xochihua	
22	SISTEMA DOMÓTICO DE BAJO COSTO PARA LA MONITORIZACIÓN DE UNA CASA A TRAVÉS DE LA WEB	..... 132
	Samuel Antonio García Gómez, Cristóbal Gabriel García Gómez, José Ángel González Fraga, Omar Álvarez Xochihua, Everardo Gutiérrez López & Everardo Santiago Ramírez	
23	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO TELEOPERADO DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA	..... 136
	Takao Sanay Robles, José Ángel González Fraga, Omar Álvarez Xochihua, Adrián Enciso Almanza & Evelio Martínez Martínez	
24	SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES INVARIANTE A ROTACIÓN, TRASLACIÓN Y ESCALA	..... 142
	Carolina Barajas García & Selene Solorza Calderón	
25	ARQUITECTURA NÚCLEO PARA LA COOPERACIÓN ENTRE TUTORES INTELIGENTES	..... 147
	Rodolfo Alan Martínez Rodríguez, Omar Álvarez Xochihua & Juan Iván Nieto Hipólito	

26	OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE SALUD MÓVIL EN ENTORNOS DE MONITOREO REMOTO Alejandro Estrella Gallego & Mabel Vázquez Briseño	.....	155
27	CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ALUMINO-FOSFATO OBTENIDOS EN ALTA TEMPERATURA Ismael Jiménez Calvo & Jorge Mata*	.....	160
28	DESARROLLO DE UN MODELO QUE RELACIONE LOS FACTORES CRÍTICOS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA CON SU IMPLEMENTACIÓN EXITOSA EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN MÉXICO Marco Antonio Maciel Monteón & Jorge Limón Romero	.....	166
29	CONTROL DE VARIABLES AMBIENTALES EN UN MEDIO CONFINADO Y AUTÓNOMO CON DETECCIÓN DE FALLAS Y MONITOREO VÍA REMOTA, PARA EL ANÁLISIS DE COLOR, FORMA Y TAMAÑO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS Edgar Omar Cadena Zepeda	.....	172
30	DESARROLLO DE UN PLUVIÓMETRO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL Y UNA MEJORA EN EL SENSADO DE PRECIPITACIONES PLUVIALES Juárez Avilés Manuel Alejandro	.....	179
31	EXCITACIÓN RESONANTE DE PLASMONES EN NANOESTRUCTURAS DE RANURA METAL-DIELÉCTRICO-METAL Avalos Murillo Liliana & E. Efrén García Guerrero	.....	185
	Índice de autores .....	.....	193
	Índice de palabras clave .....	.....	198

SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES INVARIANTE A ROTACIÓN, TRASLACIÓN Y ESCALA

CAROLINA BARAJAS GARCÍA, SELENE SOLORZA CALDERÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y DISEÑO
CARRETERA TRANSPENINSULAR ENSENADA-TIJUANA NUMERO 3917, COLONIA PLAYITAS
Ensenada, B.C., C.P. 22860. Teléfono 646-1750744, Fax 646-1744333

E-mail: cbarajas@uabc.edu.mx

***Abstract.** Desde el inicio de la vida, los seres humanos nos hemos dedicado al reconocimiento de patrones, ya sea por necesidad o sólo por la curiosidad de clasificar los objetos de nuestro alrededor. Hoy en día con casi todos los procesos de producción automatizados y el rápido avance de la tecnología, la exigencia en la mejora de los sistemas de clasificación es cada vez mayor. Metodologías prometedoras para el reconocimiento de patrones son SIFT y las transformadas Wavelets. SIFT es una metodología para el reconocimiento de patrones invariante a traslación, rotación y escala, basada en extracción de características de rasgos locales. Debido a su alta eficiencia y accesibilidad, SIFT tiene muchas aplicaciones en diversas áreas. Por otra parte, las transformadas wavelets son una poderosa herramienta para llevar a cabo análisis de multiresolución, de escala-tiempo y detección de bordes. Aprovechando las ventajas de estas dos metodologías se puede generar un sistema de reconocimiento de patrones más eficiente ante imágenes con ruido e iluminación no homogénea, así como de un menor costo computacional.*

Palabras claves: SIFT, Wavelets, rasgos locales, reconocimiento de patrones, sistema digital.

1.- INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo pasado, la extracción de características a una imagen ha sido un área activa en el campo del reconocimiento de patrones. Una característica es una pieza de información que es relevante para la resolución mediante imágenes digitales de alguna tarea computacional específica. Las características pueden ser estructuras en la imagen: como puntos, bordes u objetos. Estas características se engloban en un descriptor, el cual especifica propiedades elementales del objeto, tales como la forma, el color, la textura, entre otros.

Un ejemplo de estos es el descriptor de rasgos locales Scale Invariant Feature Transform (SIFT), introducido por Lowe en 2004 [1,2]. Los sistemas de reconocimiento de patrones SIFT son invariantes a traslación, escala y rotaciones tanto angular como azimutal; pero se ha demostrado que en presencia de poco ruido su eficiencia decae notoriamente [3, 4]. Una variante de SIFT introducida en 2004 fue PCA-SIFT (Principal Component Analysis – SIFT), donde Ke y Sukthankar mejoran, con las nuevas técnicas

presentadas por Lowe, el desempeño de los hasta entonces muy utilizados sistemas de reconocimiento de patrones basados en el análisis de componentes principales, sin embargo, ese sistema híbrido solamente es invariante a rotación y escala [5].

En 2013, Su y colaboradores publicaron CGCI-SIFT (Combination of Gradient with Contrast Intensity - SIFT) el cual además de ser un sistema de reconocimiento de patrones robusto en la clasificación de objetos que presentan rotación, escalamiento y traslación también trabaja eficientemente con imágenes borrosas y con cambios azimutales [6].

Una característica que los sistemas anteriores comparten, es que sólo funcionan con imágenes en escala de grises. Sin embargo, el color es una característica muy importante para la clasificación de objetos, si esta información se descuida se perderá una propiedad muy valiosa. Por ejemplo, en Boese y colaboradores, el color se utiliza para estudiar lesiones de hojas de la *Zostera marina*, pero el procesamiento de la imagen se realiza a mano a través de múltiples programas: Adobe PhotoShop, Canon, Photostitch y ERMapper [7].

Aunque se han publicado varias técnicas variantes de SIFT para trabajar con imágenes a color, éstas no han sido tan populares como en el caso de las imágenes en escala de grises debido a que la complejidad y los cálculos aumentan considerablemente [8–10].

En 2012, Zhang y colaboradores, propusieron un algoritmo llamado AHWT-SIFT (*A Haar Wavelet Transform - SIFT*), que es una alternativa para reducir el costo computacional de SIFT, pero aunque el tiempo del algoritmo sea menor, mantiene los problemas de SIFT, no trabaja con imágenes a color, con ruido o con iluminación no homogénea [11].

Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar técnicas más robustas que aporten a la resolución de las problemáticas de los sistemas antes mencionados, como son: la clasificación de imágenes a color, con ruido o iluminación no homogénea; así como con variaciones mayores en el ángulo azimutal. Una propuesta prometedora, es la de construir sistemas de reconocimiento de patrones híbridos entre las técnicas SIFT y las transformadas wavelets, ya que gracias a las propiedades de multiresolución de éstas últimas, de que en su construcción se manejan variables de traslación y escala, y que tienen un excelente desempeño para detectar bordes, podrían generar un sistema con menor costo computacional y mayor eficiencia cuando se presenten imágenes con ruido e iluminación no homogénea.

2.- FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. SIFT

El propósito del sistema de reconocimiento de patrones SIFT es detectar puntos clave en una imagen de referencia, los cuales servirán para compararlos con los puntos clave de una imagen problema. La primera etapa para la detección de los puntos clave invariantes a escala es identificar su ubicación. La detección de lugares que son invariantes a escala en la imagen se logra mediante la búsqueda de características estables en todas las escalas, para esto se utiliza una función de escala continua, por

ejemplo Lowe utiliza la función Gaussiana [2].

El espacio-escala de una imagen se define como una función, $L(x, y, \sigma)$, que se produce a partir de la convolución de una función Gaussiana, $G(x, y, \sigma)$, con una imagen de entrada $I(x, y)$, esto es

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y), \quad (1)$$

donde $*$ es la operación de convolución, σ es un factor en el espacio-escala y

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}. \quad (2)$$

Para detectar eficientemente puntos claves estables en el espacio-escala, Lowe utiliza una función generada a partir de una diferencia de Gaussianas, ésta se calcula a partir de la diferencia de dos escalas cercanas que están separadas por un factor constante k , para después realizar la convolución con la imagen $I(x, y)$; matemáticamente esto es,

$$D(x, y, \sigma) = (g(x, y, k\sigma) - g(x, y, \sigma)) * I(x, y) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma). \quad (3)$$

Para detectar los primeros candidatos a puntos claves en el espacio-escala, se toma un punto y se compara con sus 8 vecinos en la misma escala y con los 18 puntos equivalentes a su posición en las escalas adyacentes. Si el píxel seleccionado es el máximo o el mínimo del conjunto de los 27 puntos, entonces se toma como candidato a punto clave.

Una vez que se seleccionaron todos los candidatos a puntos clave, estos tienen que pasar por un siguiente filtro, que sirve para excluir a los puntos de bajo contraste. Esto se realiza utilizando la expansión de Taylor de segundo orden

$$D(x) = D + \frac{\partial D}{\partial x} x + \frac{1}{2} x^T \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x, \quad (4)$$

donde los extremos de $D(x)$ se calculan mediante

$$D(\hat{x}) = D + \frac{\partial D}{\partial x} \hat{x}. \quad (5)$$

Haciendo experimentos computacionales, Lowe llegó a la conclusión de que los extremos de $|D(\hat{x})|$ que sean mayores a 0.03 deben de ser eliminados, porque presentan bajo contraste y de esa manera se reduce el tiempo de cómputo.

El siguiente paso es eliminar los puntos que son bordes falsos, esto se hace verificando si la curvatura del punto es o no menor a un umbral. La curvatura se calcula a partir de la matriz Hessiana de 2×2 :

$$H(x, y) = \begin{bmatrix} D_{xx}(x, y) & D_{xy}(x, y) \\ D_{yx}(x, y) & D_{yy}(x, y) \end{bmatrix}, \quad (6)$$

de la cual Lowe considera que se satisfaga

$$\frac{tr(H)^2}{Det(H)} < \frac{(\gamma+1)^2}{\gamma}, \quad (7)$$

para no eliminar el punto. En la ec.(7) se toma el umbral $\gamma = 10$, $tr(H)$ es la traza de $H(x, y)$ y $Det(H)$ es el determinante de $H(x, y)$.

Ya que se tienen los puntos clave correctos, el siguiente paso es asignarle a cada punto una orientación, esto se realiza utilizando el histograma de gradientes orientados en las áreas donde se encuentran los puntos clave, con esto se obtiene una invarianza a rotación.

El último paso en el sistema de reconocimiento de patrones SIFT, es la comparación de los puntos clave de diferentes imágenes, esto se realiza utilizando la distancia Euclidiana de dos vectores de puntos clave.

Sea $R_1(s_1, s_2, \dots, s_m)$ el vector de puntos clave de la imagen de referencia y sea $R_2(d_1, d_2, \dots, d_m)$ el vector de puntos clave de la imagen problema, la distancia se define como:

$$D(i) = \|R_1(i) - R_2(j)\|, i \in N, j \in M, \quad (8)$$

donde M y N son los conjuntos que contienen los puntos clave de cada vector. El propósito de la ec.(8) es calcular la distancia Euclidiana del i -ésimo punto

clave de la imagen de referencia y el j -ésimo punto clave de la imagen problema. Cuando la distancia Euclideana de los dos puntos cumple con ser la distancia mínima y si la siguiente distancia más pequeña es menor que un determinado umbral, se considera que ese par de puntos coinciden.

3.- TRANSFORMADA WAVELET

La transformada wavelet (o transformada de ondícula) es un tipo especial de transformada matemática que representa a una señal en términos de versiones trasladadas y escaladas de una onda finita (denominada wavelet madre). Su principal ventaja es que permite llevar a cabo un análisis a diferentes escalas o resoluciones (análisis de multiresolución), esto conlleva a que se pueden estudiar las señales en el dominio del tiempo y la frecuencia simultáneamente sin perder resolución.

La transformada wavelet (de ahora en adelante denotada como ψ), vista como un proceso matemático, es una operación lineal que descompone una señal compleja en bloques elementales que aparecen en diferentes escalas o resoluciones.

La selección de la mejor wavelet depende de las características propias de la señal de estudio; entonces, el punto clave es encontrar la mejor función base. A esta función se le conoce como **wavelet madre**. Sólo aquellas funciones que satisfagan las dos condiciones siguientes pueden ser consideradas como wavelet madre:

1. Ser oscilatoria (área total igual a cero)

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) dt = 0. \quad (9)$$

2. Decaer a cero rápidamente

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|\hat{\psi}(w)|^2}{|w|} dw < \infty, \quad (10)$$

donde $\hat{\psi}(w)$ denota la transformada de Fourier.

Dada una función $f(t) \in L^2(\mathbb{R})$, es decir, f es una función cuadrado integrable, la transformada wavelet se define como

$$W_\psi[f(a, b)] = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \overline{\psi_{a,b}(t)} dt, \quad (11)$$

donde

$$\psi_{a,b}(t) = |a|^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (12)$$

donde ψ es la wavelet de análisis, a, b son parámetros de escala y traslación, respectivamente y $\overline{\psi_{a,b}(t)}$ denota el complejo conjugado de $\psi_{a,b}(t)$.

Existen varias transformadas ya definidas, a continuación se mencionan las más utilizadas:

a) Wavelet de Haar

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < \frac{1}{2}, \\ -1, & \frac{1}{2} \leq t < 1, \\ 0, & \text{de otra manera.} \end{cases} \quad (13)$$

b) Wavelet Mexican Hat

$$\psi(t) = (1 - 2t^2)e^{-t^2}. \quad (14)$$

c) Wavelet de Morlet o Gabor

$$\psi(t) = e^{-i\omega_0 t - t^2/2}. \quad (15)$$

4.- RESULTADOS ESPERADOS

En este trabajo se propone desarrollar e implementar en lenguaje de programación MatLab un sistema de reconocimiento de patrones, utilizando las técnicas de rasgos locales y alguna transformada wavelet, el cual sea invariante a diferentes transformaciones geométricas: como traslación, rotación angular, escala y variaciones en el ángulo azimutal. Además, de ser robusto para la clasificación de imágenes digitales que presentan ruido e iluminación no homogénea, también, que clasifique imágenes a color.

Asimismo, se van a analizar diferentes técnicas de validación y se va a

determinar cuál es la más apropiada para medir el nivel de confianza del sistema.

5.- CONCLUSIONES

Existen en la literatura varios sistemas de reconocimiento de patrones, la mayoría basados en las técnicas de rasgos locales (SIFT), los cuales presentan buen rendimiento al clasificar imágenes con diferentes transformaciones geométricas como rotación angular, escala, traslación y pequeñas variaciones en el ángulo azimutal.

Estos sistemas tienen varias desventajas, el tiempo de cómputo es considerable y tienen bajo desempeño ante imágenes con poca cantidad de ruido o iluminación no homogénea. Además, su generalización para la clasificación de imágenes a color emplea un tiempo de cómputo considerable; y también, cuando las variaciones azimutales aumentan, los sistemas pierden su eficiencia.

Por otro lado, una parte muy importante en toda investigación, es la apropiada validación de los resultados, ya que ésta nos indicará el nivel de confianza ante la toma de decisiones. En este trabajo se propone, además de comparar los resultados con diferentes sistemas de rasgos locales, utilizar alguna técnica de validación para medir el nivel de confianza del sistema de reconocimiento de patrones propuesto.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- [1]- **Lowe, David G.**, *Object recognition from local scale-invariant features*. Computer vision. The proceedings of the seventh IEEE international conference, 1150–1157, 1999.
- [2]- **Lowe, David G.**, *Distinctive image features from scale-invariant keypoints*. International journal of computer vision, 91–110, 2004.
- [3]- **Fimbres-Castro, Claudia, Álvarez-Borrego, Josué y Bueno-Ibarra, Mario Alonso**. *Invariant nonlinear correlation and spectral index for diatoms recognition*. Optical Engineering, 51(4):047201–1, 2012.

- [4].- **Solorza, Selene y Álvarez-Borrego, Josué.** *Position and rotation invariant pattern recognition system by binary rings masks.* Journal of Modern Optics. 1-13, 2015.
- [5].- **Ke, Yan y Sukthankar, Rahul.** *PCA-SIFT: A more distinctive representation for local image descriptors.* Computer Vision and Pattern Recognition. 500-506, 2005.
- [6].- **Su, Dongliang, Wu, Jian, Cui, Zhiming, Sheng, Victor S. Y Gong, Shenengrong.** *CGCI-SIFT: A more efficient and compact representation of local descriptor.* Measurement Science Review. 132-141, 2013.
- [7].- **Boese, Cruce L., Clinton, Patrick J., Dennis, Danielle, Golden, Robert C. Y Kim, Bryan.** *Digital image analysis of Zostera marina leaf injury.* Aquatic Botany. 87-90, 2008.
- [8].- **Abdel-Hakim, Alaa E. Y Farag, Aly A.** *CSIFT: a SIFT descriptor with color invariant characteristics.* Computer vision and Pattern Recognition. 1978-1983, 2006.
- [9].- **Alitappeh, Reza J., Saravi, Kossar J. Y Mahmoudi, Fariborz.** *A new illumination invariant feature based on SIFT descriptor in color space.* Procedia Engineering. 305-311, 2012.
- [10].- **Ancuti, Cosmin y Bekaert, Philippe.** *SIFT-CCH: Increasing the SIFT distinctness by color co-occurrence histograms.* Image and Signal Processing and Analysis. 130-135, 2007.
- [11].- **Zhang, Mengmeng, Li, Zeming, Zhang, Nian y Bai, Huihui.** *Adaptive feature extraction and image matching base don Haar Wavelet transform and SIFT.* JDCTA: International Journal of Digital Content Thechnology and its Applications. 1-8, 2012.