

Classification System for Blister Pack of Pills

C. E. Pardo, *IEEE Member*, L. F. Sosa, *IEEE Member*, E. A. Gutierrez, *IEEE Member*
Universidad Santo Tomás, Tunja, Colombia

F. R. Jiménez - *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia*

Abstract— In this paper we present a classification system for blister pack of pills. For the development of the system was taken into account three types of Blister Packs, where we performed a classification process considering a Segmentation-based Fractal Texture Analysis system, likewise, was used Otsu multi-level algorithm, as nonparametric technique for thresholds detection.

The features extracted from the Fractal Texture-based Segmentation Analysis system, are used as a database of entrainment to a classification system based on k-nearest neighbors.

Index Terms— Blister Pack, KNN, Otsu Multi-level, SFTA.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las líneas de investigación y desarrollo muy interesantes, es lo relativo a la "imitación" de nuestros órganos de los sentidos: audición y visión. En ello, no sólo se espera dotar un computador de la capacidad de "percibir", sino de reconocer, es decir de "identificar" lo percibido.

La visión artificial por computadora es una disciplina en creciente auge con multitud de aplicaciones, como inspección automática, reconocimiento de objetos, mediciones, robótica etc. El futuro es aún más prometedor; dado que se plantea la creación de máquinas autónomas capaces de interactuar inteligentemente con el entorno, pasando necesariamente por la capacidad de realizar procesos de percepción del mismo. Estas máquinas, dotadas de computadores cada vez más rápidos y potentes, encuentran una de sus mayores limitaciones en el procesamiento de la información suministrada por sensores visuales. Dicha información, además tiene que ser interpretada, y es en este punto, en donde son de gran utilidad las técnicas de Reconocimiento de Patrones, que permiten realizar procedimientos de clasificación y toma de decisiones con respecto a parámetros y características de las escenas percibidas.

Manuscrito recibido en Agosto 22, 2014.

Camilo Ernesto Pardo Beainy, Docente Facultad de Ingeniería Electrónica.
Universidad Santo Tomás, Tunja, Boyacá, Colombia
camilo.pardo@usantoto.edu.co

Edgar Andrés Gutiérrez Cáceres, Docente Facultad de Ingeniería Electrónica
Universidad Santo Tomás, Tunja, Boyacá, Colombia
edgar.gutierrez@usantoto.edu.co

Luis Fredy Sosa Quintero, Docente Facultad de Ingeniería Electrónica
Universidad Santo Tomás, Tunja, Boyacá, Colombia
luis.sosa@usantoto.edu.co

Fabían Rolando Jiménez López, Docente Escuela de Ingeniería Electrónica
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá, Colombia
fabian.jimenez02@uptc.edu.co

En este trabajo, se presenta el desarrollo de un sistema que permite clasificar un conjunto de Blister Packs utilizados para el almacenamiento de Pastillas de Medicamentos. Aunque las pastillas pueden ser identificadas directamente por su color, se utilizó una técnica de extracción de características, tal como lo es la Segmentación basada en Análisis Fractal de Texturas; dado que se requería un conjunto de parámetros para alimentar un clasificador utilizando aprendizaje supervisado a partir de K-nearest neighbours.

Como aplicación de este sistema, se piensa que puede ser llevado a un entorno en donde pacientes, posiblemente de la tercera edad o con Alzheimer, puedan acercar el blister pack a un sistema detector, el cual les va a indicar si el medicamento que están presentando debe ser consumido y además, les indicaría cuantos medicamentos se han tomado.

La estructura del presente artículo es la siguiente: El numeral I presenta la Introducción, en el numeral II se presenta una descripción general del sistema, en III se presenta el sistema de Segmentación, Extracción de Características y Reconocimiento aplicado, IV presenta los resultados del sistema de clasificación, en el numeral V se presenta una Alternativa para el Sistema de Conteo de Pastillas y finalmente, la sección número VI muestra las conclusiones generales del desarrollo del proyecto.

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El problema se aborda mediante un esquema de Visión Artificial, consistente en 6 etapas: Adquisición de Imágenes, Procesamiento, Segmentación, Extracción de características, Reconocimiento y Toma de Decisiones. Tal como se aprecia en el siguiente diagrama de bloques.



Fig. 1. Diagrama de Bloques General del Sistema.

Fuente: Autor

A. Adquisición de Imágenes y Procesamiento

El proceso de adquisición de imágenes, se realizó mediante una toma sucesiva de fotografías de tres diferentes tipos de medicamentos, como se muestra en la figura 2. A medida que se iba realizando el proceso de toma de imágenes, se cambiaba el blister pack, considerando empaques con diferentes números de pastillas en su interior. En total, se adquirieron 182 imágenes, de las cuales 54 fueron utilizadas para pruebas y 128 para el proceso de entrenamiento del clasificador.



Fig. 2. Imágenes Adquiridas
Fuente: Autor

Para pasar a la etapa de segmentación, el primer paso fue transformar la imagen de RGB a escala de grises (figura 3). Una vez se tuvo la imagen en escala de grises, se procedió a utilizar diferentes filtros para hacer un proceso de mejora de la misma. Es importante aclarar que el proceso de adquisición de las imágenes no se realizó teniendo en cuenta condiciones de iluminación controlada, uno de los principales inconvenientes presentados, estuvo relacionado con la presencia de brillos en diferentes zonas del blister pack. Estos brillos generaban inconvenientes a la hora de realizar el proceso de segmentación de la imagen. El problema se intentó solucionar utilizando filtros de Gauss y resaltando rasgos lineales en la imagen a través del uso de un filtro laplaciano, pero no se obtuvieron resultados significativos. Se consideró entonces, el uso de un algoritmo Otsu Multi-nivel.



Fig. 3. Imagen Original y en Escala de Grises
Fuente: Autor

III. SEGMENTACIÓN, EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS Y RECONOCIMIENTO

A. Algoritmo Otsu multi-nivel

En el algoritmo Otsu multi-nivel, se calcula y devuelve un conjunto T de umbrales para una imagen de entrada. El algoritmo Otsu multi-nivel consiste en encontrar el umbral que minimiza la varianza intra-clase en la imagen de entrada considerada. Entonces, de forma recursiva, el algoritmo Otsu se aplica a cada región de la imagen hasta que se encuentren umbrales totales [1]. En la figura 4 se presenta un ejemplo de la aplicación del algoritmo Otsu multi-nivel, en donde se aprecia que para la imagen de la derecha se minimiza la varianza intra-clase, con respecto a la imagen original de la izquierda.

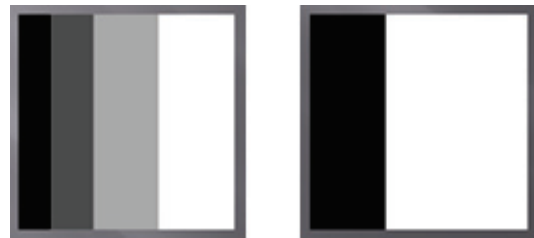


Fig. 4. Ejemplo de aplicación del algoritmo Otsu Multi-nivel

La figura 5 muestra los resultados de aplicar el algoritmo Otsu Multi-nivel a uno de los blister packs de las muestras tomadas. En las gráficas de la izquierda, se aprecian los diferentes umbrales óptimos hallados para la imagen de prueba. Este procedimiento se aplica a todas las imágenes tomadas.

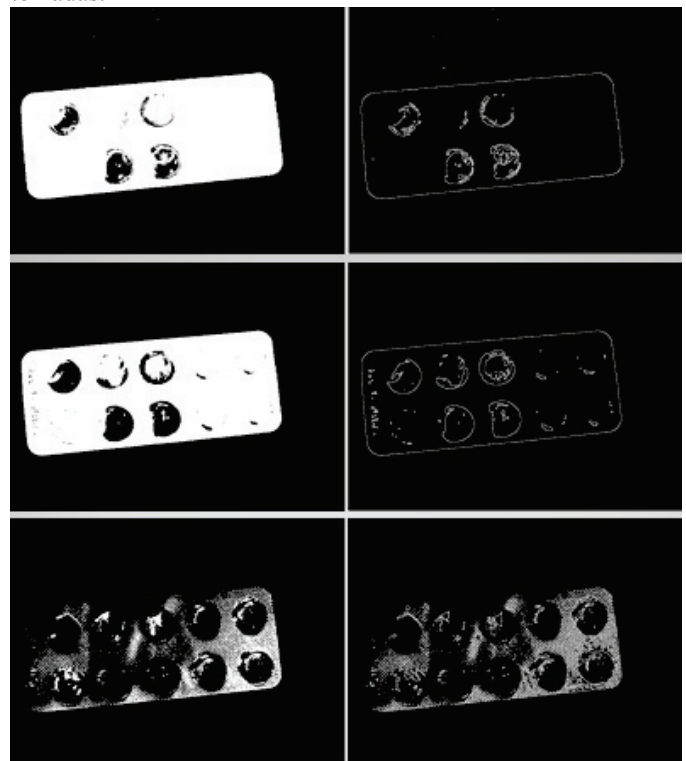


Fig. 5. Aplicación del algoritmo Otsu Multi-nivel y filtrado pasa altos para una imagen de prueba
Fuente: Autor

Las imágenes de la derecha presentan un procedimiento de extracción de bordes realizado a través de la aplicación de un filtro pasa altos, en este proceso, se devuelve una imagen binaria con los límites de las regiones de la imagen de entrada, la cual debe ser una imagen binaria (proporcionada por el algoritmo de segmentación). La imagen resultante toma valores de 1 si el píxel correspondiente en que tiene el valor 1, tiene al menos un píxel vecino con el valor 0. De lo contrario toma el valor 0.

B. Segmentación basada en Análisis Fractal de Texturas

La Segmentación basada en Análisis Fractal de Textura (SFTA), extrae características de textura de la imagen en escala de grises utilizando un algoritmo SFTA. En este algoritmo, se devuelve un vector D de características que se corresponde con la información de textura extraída de la imagen de entrada. Para ejecutar este algoritmo, la imagen de entrada se convierte en una imagen en escala de grises con profundidad de 8 bits [2].

La geometría fractal implica diferentes enfoques para definir las dimensiones fraccionarias, donde la más común es la dimensión de Hausdorff. Teniendo en cuenta un objeto que posee una dimensión euclidiana E, la dimensión fractal de Hausdorff D_0 se puede calcular por la siguiente expresión:

$$D_0 = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\epsilon)}{\log \epsilon^{-1}}$$

$N(\epsilon)$ es el recuento de hiper-cubos de dimensiones E y longitud ϵ que ocupan el objeto.

Esta dimensión fractal, es aplicable a entes geométricos no necesariamente fractales (figura 6); es una medida de la eficacia de ocupar espacio. Así, tiene utilidad práctica, entre otras muchas cosas, en cuestiones de urbanismo. O por ejemplo, si calculamos la dimensión fractal de líneas que marcan la frontera entre países, o líneas que marcan una costa marítima, nos da una medida de la escabrosidad de las mismas[3].

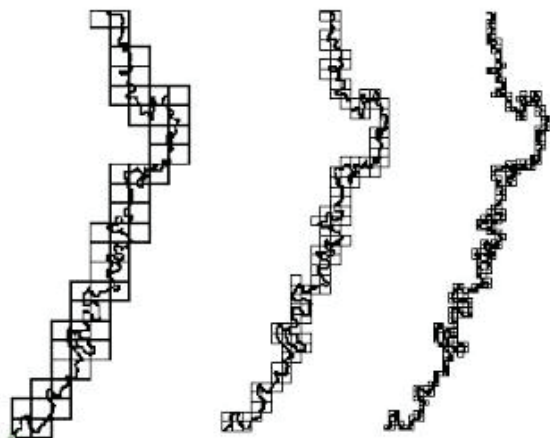


Fig. 6. Aplicación de la dimensión fractal de Hausdorff [3]

Una vez aplicado el algoritmo, se obtiene la dimensión

fractal Hausdorff (D) de un objeto representado por la imagen binaria. Los píxeles no nulos pertenecen a un objeto y los píxeles en 0 constituyen el fondo.

C. Extracción de Características

La metodología general llevada a cabo para el proceso de extracción de características se presenta en las figura 7. Inicialmente se parte de una imagen que se transforma a escala de grises; luego se realiza un proceso de descomposición, basada en una segmentación utilizando los umbrales óptimos, calculados mediante un algoritmo Otsu multi-nivel, para pasar luego al sistema de extracción de características.

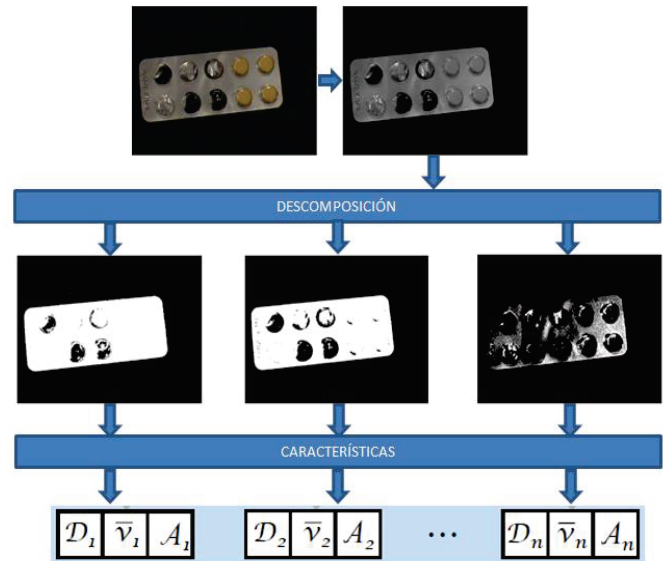


Fig. 7. Metodología general del proceso de extracción de características

Fuente: Autor

Con las diferentes imágenes obtenidas en el proceso de segmentación se extraen las características: dimensión fractal Hausdorff (D_n), Área (A_n) y Valor promedio ($\bar{V}_n$), para cada una de las imágenes resultantes del algoritmo de segmentación (para este caso se obtuvieron 6 imágenes por cada muestra). Se observa además, que la dimensión fractal Hausdorff, se obtiene a partir de las imágenes de bordes provenientes de las imágenes segmentadas (figura 8). De esta forma, para cada imagen de muestra original, se obtiene un vector de características que posee 18 elementos.

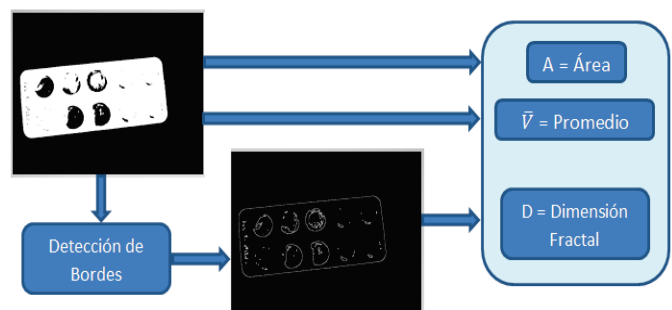


Fig. 8. Extracción de características

Fuente: Autor

D. Reconocimiento y Toma de Decisiones

Una vez extraídas las características para cada una de las 128 imágenes de entrenamiento, se procede a entrenar el clasificador. Se seleccionó un clasificador utilizando K-Nearest Neighbours (K-Vecinos Próximos), que es usado como método de clasificación de objetos (elementos) basado en un entrenamiento mediante ejemplos cercanos en el espacio de los elementos (figura 9). El clasificador implementado tiene un valor de $K=3$ y utiliza como métrica la distancia euclidiana.

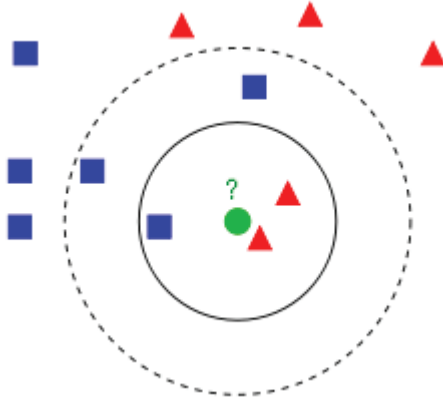


Fig. 9. Casificador K-Nearest Neighbours

Para el proceso de clasificación, se toma cada una de las 54 muestras de prueba y se les realiza el proceso de extracción de características.

La implementación de todos los programas de segmentación extracción y clasificación se realizó utilizando Matlab. En la figura 10, se presenta el resultado de pasar una de las imágenes de prueba por el clasificador K-NN, los resultados del proceso de clasificación son los presentados en la parte inferior izquierda de la figura. Para el caso del ejemplo, se consideró un blíster pack de pastas amarillas en donde faltan 3 pastas. Este procedimiento se realizó para cada una de las 54 imágenes de prueba.

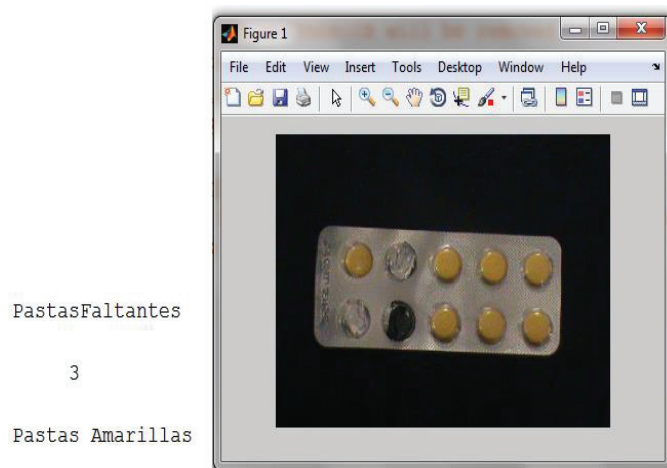


Fig. 10. Clasificación de una imagen de prueba
Fuente: Autor

IV. RESULTADOS

Luego de ejecutar el proceso de clasificación para las 54 imágenes de prueba, se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 1 y en la figura 11. De las 54 imágenes analizadas, el sistema logró clasificar 51 empaques correctamente dentro de las tres clases consideradas: “Pastas Rojas”, “Pastas Amarillas” y Pastas “Blancas”, de tal manera que se obtuvo una efectividad del 94%. En este caso, se detectaron 19 blisters packs de Pastas Rojas, 12 blisters packs de Pastas Blancas y 20 blisters packs de Pastas amarillas. Así mismo, 3 blisters packs de Pastas Blancas fueron clasificados de forma errada.

TABLA 1
Resultados de la Clasificación por Tipo de Pasta

Empaques Considerados en la Prueba	Empaques Detectados Correctamente según su Tipo	Empaques Detectados Incorrectamente según su Tipo
54	51	3

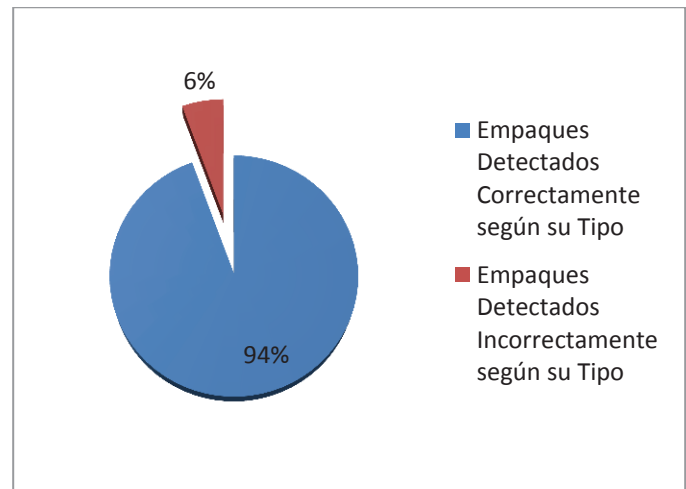


Fig. 11. Resultados de la Clasificación por Tipo de Pasta
Fuente: Autor

En cuanto al reconocimiento de cantidades de pastas en cada blíster pack, se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 2 y en la figura 12. En este caso, de las 54 imágenes analizadas, el sistema logró identificar de forma correcta las cantidades de pastas solamente en 30 casos, obteniendo una efectividad de apenas un 56%.

TABLA 2
Resultados de la Clasificación por Cantidades de Pastas

Empaques Considerados en la Prueba	Cant. de Empaques de Pastas Consumidas detectados Correctamente	Cant. de Empaques de Pastas Consumidas detectados Incorrectamente
54	30	24

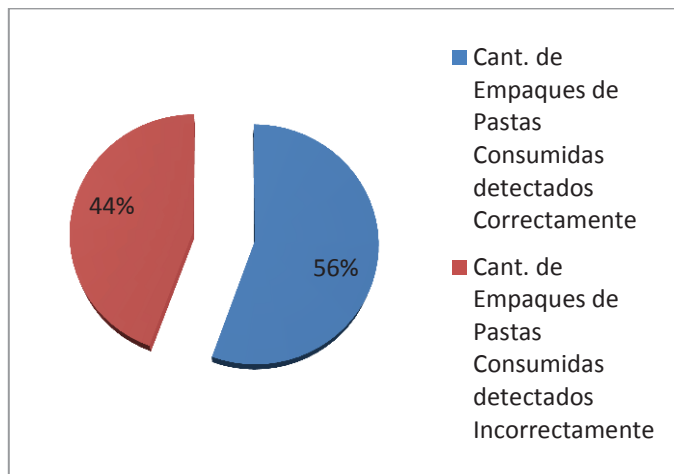


Fig. 12. Resultados de la Clasificación por Cantidades de Pastas
Fuente: Autor

V. ALTERNATIVA PARA EL SISTEMA DE CONTEO DE PASTILLAS

Como estrategia para mejorar los resultados en el sistema de conteo de Pastas, dado el bajo porcentaje de clasificación, se puede implementar un sistema en donde una vez detectado el tipo de pasta, realice una segmentación por el color de la misma. Esta técnica fue explorada en los inicios del desarrollo del proyecto y puede ser retomada como una siguiente etapa del proceso. En la figura 13, se presenta un blister pack de prueba, al cual se le realiza un proceso de segmentación por color, ajustando parámetros de matiz, saturación y luminancia, tal como se muestra en la figura 14.



Fig. 13. Blister Pack de prueba
Fuente: Autor



Fig. 14. Segmentación por color de un Blister Pack de prueba
Fuente: Autor

En este caso, se realizaría un proceso de segmentación por cada color, dado que ya se partiría de los resultados del sistema de clasificación de cada tipo de pasta. Una vez obtenidos los resultados de la segmentación por color (figura 15), se obtiene la imagen de la izquierda, que presenta algunas componentes de ruido. Para eliminar dicho ruido, se utiliza un filtro de mediana, como se muestra en la imagen de la derecha.

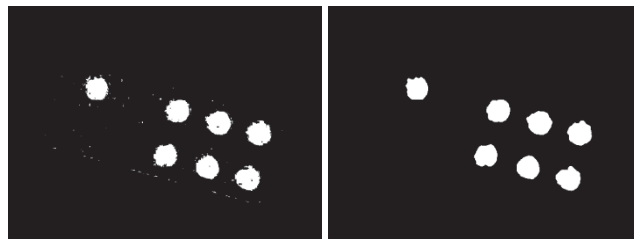


Fig. 15. Izquierda: Resultados de la segmentación por color
Derecha: Resultados de la segmentación por color + Filtro Mediana
Fuente: Autor

Como paso final, se realiza un proceso de detección y conteo de objetos, en donde se logra obtener el número de píldoras presentes en el blister pack (figura 16).

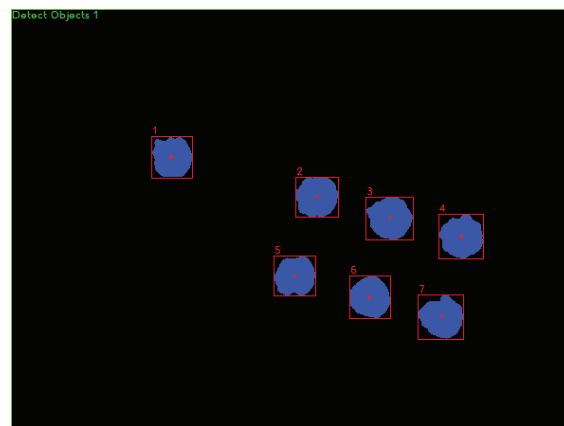


Fig. 16. Detección y conteo de Píldoras
Fuente: Autor

Este procedimiento presentado como alternativa de solución ante la baja tasa de clasificación de cantidades de píldoras, se realiza utilizando el software Vision Builder de National Instruments, enlazado con LabVIEW. La programación del mismo, se presenta en la figura 17.

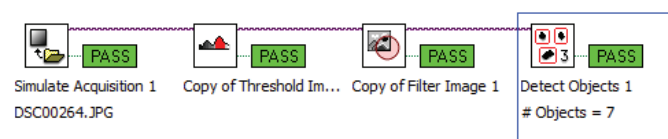


Fig. 17. Bloques de Programación Generales utilizando Vision Builder
Fuente: Autor

VI. CONCLUSIONES

Para el desarrollo del proyecto, fue necesaria la toma de múltiples imágenes para construir la base de datos de prueba y tener imágenes de entrenamiento; dentro de este proceso de adquisición no se consideraron condiciones controladas de iluminación, por lo que se presentaron inconvenientes en el procesamiento inicial de las imágenes; no obstante, este inconveniente permitió que se explorara la teoría relacionada con el algoritmo Otsu multi-nivel, el cual presenta una técnica no paramétrica de detección óptima de umbrales, siendo un algoritmo que presenta muy buenos resultados, incluso frente a condiciones de iluminación deficientes.

Dado que se planteó buscar una solución al problema de clasificación de Blister Packs a partir de reconocimiento de texturas, se propuso como solución al problema de extracción de características, el uso de un algoritmo de Segmentación basada en Análisis Fractal de Texturas, utilizado para caracterizar los patrones de textura, considerando como característica la dimensión fractal Hausdorff. La cual también tiene otras utilidades prácticas, en aplicaciones de urbanismo, marcación de fronteras entre países, o líneas que marcan una costa marítima, dando una medida de la escabrosidad de las mismas.

REFERENCIAS

- [1] Nobuyuki Otsu, "A threshold selection method from gray-level histogram", IEEE Transactions on System Man Cybernetics, Vol. SMC-9, No. 1, 1979, pp. 62-66.
- [2] Costa, A. F., G. E. Humpire-Mamani, A. J. M. Traina. 2012. "An Efficient Algorithm for Fractal Analysis of Textures." In SIBGRAPI 2012 (XXV Conference on Graphics, Patterns and Images), 39-46, Ouro Preto, Brazil
- [3] <http://bitacora-de-blas-herrera.blogspot.com/2009/06/fractal-2-dimension-de-hausdorff.html>
- [4] B. S. Manjunath and W. Y. Ma, "Texture Features for Browsing and Retrieval of Image Data," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 18, no. 8, pp. 837-842, 1996. (Pubitemid 126772825)
- [5] R. M. Haralick, K. Shanmugam, and I. H. Dinstein, "Textural Features for Image Classification," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. 3, no. 6, pp. 610-621, 1973.
- [6] M. Varma and A. Zisserman, "A statistical approach to material classification using image patch exemplars," IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 31, no. 11, pp. 2032-2047, Nov. 2009.
- [7] R. M. Rangayyan and T. M. Nguyen, "Fractal analysis of contours of breast masses in mammograms," Journal of Digital Imaging, vol. 20, no. 3, pp. 223-37, Sep. 2007. (Pubitemid 350029107)

Camilo Ernesto Pardo Beainy, Nacido en Bogotá, Colombia, el 22 de diciembre de 1982. Ingeniero Electrónico – Universidad Santo Tomás – Especialista en Redes de Telecomunicaciones – Universidad Santo Tomás. Estudiante de la Maestría en Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana.



Con participación en Proyectos y Licitaciones del sector energético, de Ingeniería y Construcción Industrial – Abengoa, Madrid, España. Docente Universitario en las áreas de Comunicaciones, Técnicas Digitales, Teoría de Circuitos, y Tratamiento Digital de Señales - Facultad de Ingeniería Electrónica, USTA - Tunja. Con énfasis en sistemas SCADA, Procesamiento de Imágenes, Tratamiento de Señales, DSPs e Instrumentación de Procesos. camilo.pardo@usantoto.edu.co, camilopardo@ieee.org

Luis Fredy Sosa Quintero, Ingeniero Electrónico, Universidad Santo Tomás, Magister en Educación, Universidad Santo Tomás, Especialista en Gerencia de Instituciones de Educación Superior Universidad Santo Tomás. Especialista en Instrumentación Electrónica Universidad Santo Tomás, Especialista en Redes de Telecomunicaciones Universidad Santo Tomás, estudios cursados en especialista (a) en Gerencia de Proyectos. Universidad de Boyacá. PhD (C) Ciencias de la Educación Red de Universidades Públicas de Colombia. Ha sido Decano Académico de la Facultad de Ingeniería Electrónica



Universidad Santo Tomás, Coordinador de Postgrados de la Universidad Santo Tomás en el Programa Académico de Ingeniería Electrónica, Secretario de la División de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja. Miembro del Grupo de Investigación EICIT. Con diferentes publicaciones en congresos, revistas, simposios, y seminarios nacionales e internacionales en las áreas de instrumentación, control bioingeniería y comunicaciones. Docente titular de las asignaturas análisis de circuitos en el dominio de la frecuencia y potencia eléctrica. luis.sosa@usantoto.edu.co, luisfredysosa@yahoo.com

Edgar Andrés Gutiérrez Cáceres, Nacido en Bogotá, Colombia, el 29 de diciembre de 1986. Ingeniero Electrónico – Universidad Santo Tomás – Especialista en Instrumentación Electrónica – Universidad Santo Tomás. Estudiante de la Maestría en Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana. Docente Universitario en las áreas de Técnicas Digitales, Interfaces al PC y Comunicaciones. Coordinador Semillero de Investigación de Genesis-Pro. Participante en congresos, simposios y seminarios en temáticas de control, instrumentación, robótica, procesamiento de imágenes e inteligencia artificial. edgar.gutierrez@usantoto.edu.co



Fabián Jiménez López, Nacido en Sogamoso, Colombia, en Marzo 13 de 1977. Recibió el título de Ingeniero Electrónico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Seccional Sogamoso, Colombia en el 2000, y el título de Especialista en Automatización Industrial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Seccional Sogamoso en el 2002. Obtuvo el título de Magister en Ingeniería con Énfasis en Automatización y Control de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente se desempeña como Profesor de Planta de la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Actualmente se desempeña como docente en las áreas de Control, Procesamiento Digital de Señales y Automatización. Perteneció al Grupo de Investigación EICIT de la Universidad Santo Tomás Tunja, MEM de la Universidad Santo Tomás Bogotá y en la actualidad es miembro del Grupo de Investigación DSP UPTC de la Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia. fjimenezl@gmail.com, fabian.jimenez02@uptc.edu.co

