

Capítulo 6. Pruebas y evaluación del modelo.

La búsqueda basándose sólo en la forma, resulta algo complicada. Algunas variaciones en la forma de la imagen, pueden afectar los resultados obtenidos. Por este motivo, la recuperación del modelo, también se realizó comparando color de la imagen y utilizando una estructura ontológica, que recupere características tanto de forma como de color. El sistema trabaja con varios dominios restringidos que ayudarán a probar su funcionamiento y la precisión de las evaluaciones.

Las pruebas se realizaron con imágenes ya almacenadas y previamente procesadas. Para obtener un resultado congruente, las imágenes deben cumplir con los requerimientos establecidos previamente en el Capítulo 5, lo que permitirá recuperar resultados más satisfactorios.

6.1 Condiciones en las imágenes que dificultan la recuperación

A continuación se proponen una serie de pruebas para demostrar los problemas de recuperación si la imagen de entrada no cumple con las especificaciones.

Los errores en la recuperación se pueden dar si:

- La imagen de entrada contiene varios objetos que están separados y bien definidos.
- La imagen de entrada contiene varios objetos que están traslapados y se puede definir el contorno completo que forma.
- La forma del objeto no está bien definida.
- La imagen contiene mucha información.

Si las imágenes de entrada no contienen un solo objeto (ejemplo Figura 6.1) y tienen mucha información y/o no están bien definidas (Figuras 6.2 y 6.3), durante el proceso de procesamiento, se obtendrá una imagen donde será difícil extraer sus coordenadas de contorno. Por lo tanto, no se podrán obtener datos correctos de su curva para la comparación y su representación no se aplicará de forma adecuada. Entonces los resultados de la consulta no serán satisfactorios.

En la Figura 6.1 se tiene un fondo plano, es decir, el fondo tiene un mismo tono de color y aunque se tienen varios objetos, éstos están bien definidos, separados entre sí. Si se introduce esta imagen como una consulta, el sistema tomará el primer objeto que encuentre, como el objeto a comparar, que en este caso, sería la naranja y retorna imágenes similares, dependiendo de la especificación de la búsqueda.



Figura 6.1: Imagen con fondo plano y varios objetos separados.

La Figura 6.2, también tiene un fondo plano pero los objetos están traslapados, por lo que no se puede distinguir el contorno completo para cada objeto. Si introducimos esta imagen como una consulta, el sistema obtiene el contorno del objeto, el cual se distingue del fondo y busca las imágenes con contornos similares a ese. Aunque el sistema trabaja, las imágenes recuperadas no serán adecuadas y no habrá buenos resultados.



Figura 6.2: Imagen con fondo plano y varios objetos traslapados.

Si se introducen imágenes como la Figura 6.3, no se detectará ningún objeto y por lo tanto, no se podrá realizar el proceso de recuperación de imágenes.



Figura 6.3: Imagen compleja, con mucha información.

Al realizar una consulta, las distancias que se obtienen en los resultados de comparación, se representan en forma de porcentajes de similitud, con respecto a las imágenes recuperadas, en orden descendente de mayor a menor similitud, según las distancias Euclidianas.

La búsqueda debe retornar resultados congruentes, al comparar una imagen consigo misma. En este caso, se espera que el resultado obtenido de la distancia Euclidiana sea igual a 0. En el sistema se visualizan las primeras 9 imágenes recuperadas, más similares a la consulta que se especificó, ya sea por texto o por imagen. Abajo de cada imagen, se muestra un número que indica el porcentaje de similitud respecto a la imagen consulta o a la distancia entre la imagen representativa de cada clase, en caso de tratarse de una consulta de texto

6.2 Pruebas de la implementación del modelo

En esta sección, se incluyen únicamente pruebas relevantes del funcionamiento del sistema que implementa al modelo. Las pruebas se enfocan para demostrar el desempeño del sistema y no tanto la relevancia de su aplicación final.

Se presentan los resultados obtenidos al realizar diferentes pruebas. Estas pruebas no son exhaustivas y por lo tanto no representan el rendimiento y/o rapidez del sistema. Pruebas comparativas de resultados con otros sistemas, no se incluyen, puesto que el dominio de las imágenes es propio sólo de este trabajo de investigación. Dicho dominio se compone de varias categorías con pocas instancias y se diseñó sólo para realizar pruebas del funcionamiento, del modelo propuesto de recuperación de imágenes.

6.2.1 Pruebas sin utilizar términos ontológicos

A continuación, se muestran un conjunto de consultas que se realizan sin utilizar términos ontológicos y sus respectivas imágenes recuperadas en cada consulta.

6.2.1.1 Consultas por imagen

A continuación, se muestran unos ejemplos con diferentes imágenes como queries y se visualizan, en orden de mayor a menor similitud, las imágenes más parecidas que el sistema recuperó. Primero se muestran consulta y las respectivas imágenes recuperadas, que se definieron sin hacer uso de los términos ontológicos, es decir, se buscó en toda la colección de datos, sin utilizar las categorías ontológicas.

Ejemplo No. 1

Imagen a consultar: Esta imagen pertenece a la clasificación de Iglesia Barroca, dentro de Iglesia, que a su vez se encuentra dentro de la categoría de Construcción.



Figura 6.4: Imagen a consultar, sin utilizar categorías ontológicas.

Imágenes recuperadas:

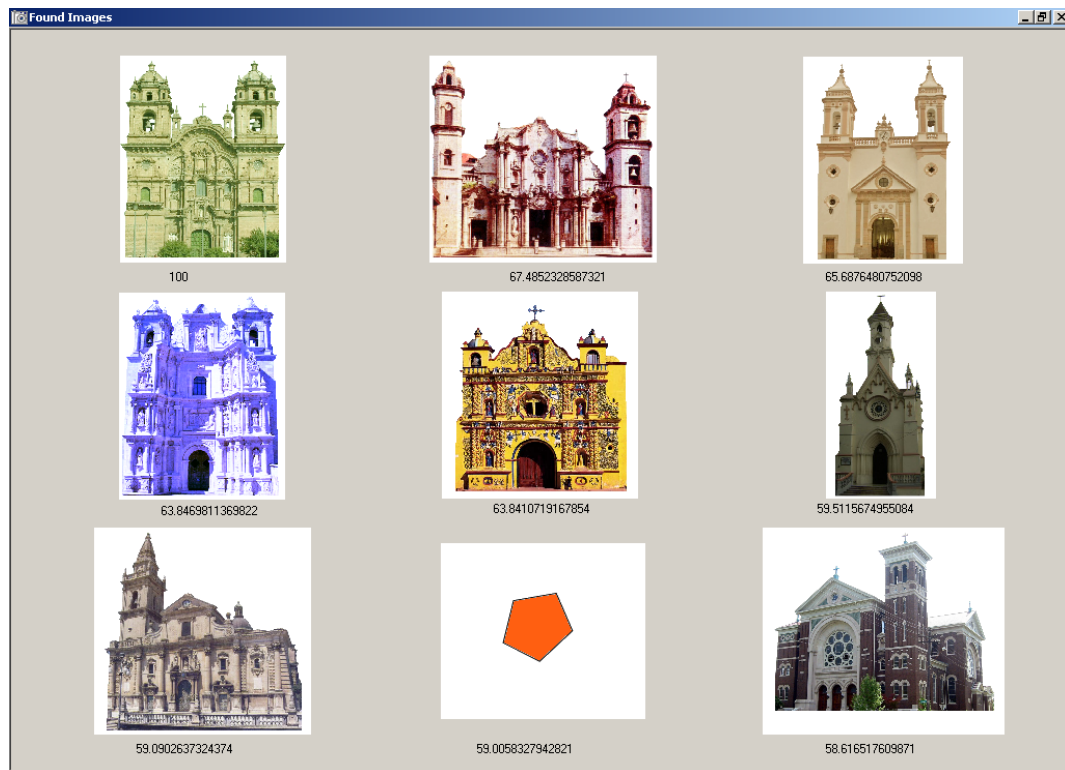


Figura 6.5: Imágenes recuperadas partiendo de la consulta de la Figura 6.4.

6.2.1.1.1 Análisis de imágenes recuperadas

En las imágenes recuperadas se muestra la misma imagen que se consultó en la primera posición, como se esperaba con un 100% de similitud. La segunda imagen recuperada tuvo un 67% de similitud respecto a la imagen consulta, en la Figura 6.3 se observa su similitud de forma comparando su función de representación tangencial con la de la imagen consulta. A simple vista se puede observar que en general se recuperaron iglesias, salvo la octava imagen que es un Polígono, que se clasifica como Pentágono.

Las primeras cinco imágenes se tratan de Iglesias que pertenecen a la misma categoría, es decir a Iglesia Barroca. Las cuatro iglesias restantes no pertenecen a esta misma categoría y como se observa no son tan similares como las primeras cinco iglesias. La octava imagen como se mencionó, no pertenece a la categoría de Iglesia Barroca, pero se puede relacionar su forma de Pentágono con la forma de la iglesia. En la Figura 6.5, se observa la comparación de ambas imágenes a través de sus respectivas funciones de espacio tangencial que representan su forma.

A continuación se muestra la segunda y octava imágenes recuperadas y su comparación de forma con respecto a la imagen consulta.

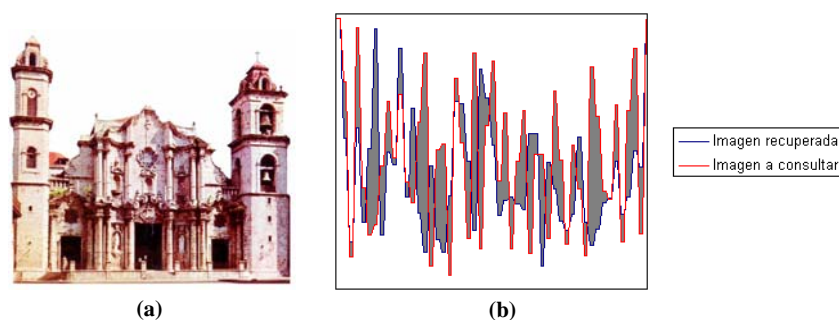


Figura 6.6: (a) Imagen recuperada en segundo lugar con la imagen de la Figura 6.4 como consulta. (b) Gráfica de comparación de funciones de espacio tangencial entre la imagen (a) imagen recuperada y la imagen de la Figura 6.4.

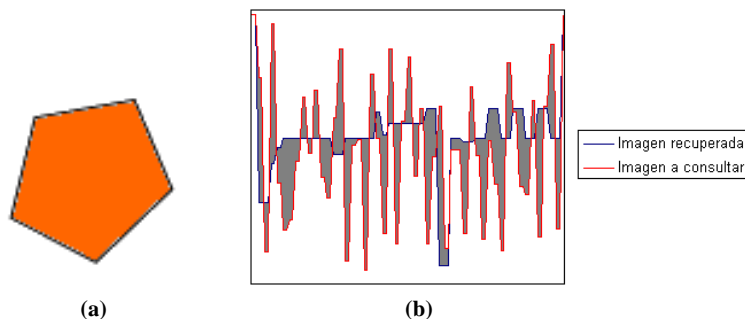


Figura 6.7: (a) Imagen recuperada en octavo lugar con la imagen de la Figura 6.4 como consulta. (b) Gráfica de comparación de espacio tangencial giro entre la imagen (a) imagen recuperada y la imagen de la Figura 6.4.

Aunque en la gráfica de la Figura 6.6, parece que tiene mayor zona gris, que la que se muestra en la Figura 6.7, es, totalmente lo contrario. En la gráfica de la Figura 6.6, las dos funciones graficadas son más diferentes, la función de la imagen recuperada, es la que se muestra más uniforme en el centro (en azul), en cambio, la función de la imagen a consultar (en rojo) tiene puntos que se observan más alejados del centro, lo que ocasiona mayor zona en gris y en consecuencia mayor distancia. Aun así, la octava imagen recuperada en la Figura 6.5 tiene menor distancia que otras imágenes recuperadas, por ejemplo, la novena imagen, aunque ésta última también se trate de una iglesia.

Ejemplo No. 2

Imagen a consultar: Esta imagen también pertenece a la categoría de Iglesia Barroca, dentro de Construcción.



Figura 6.8: Imagen a consultar, sin utilizar categorías ontológicas.

Imágenes recuperadas:

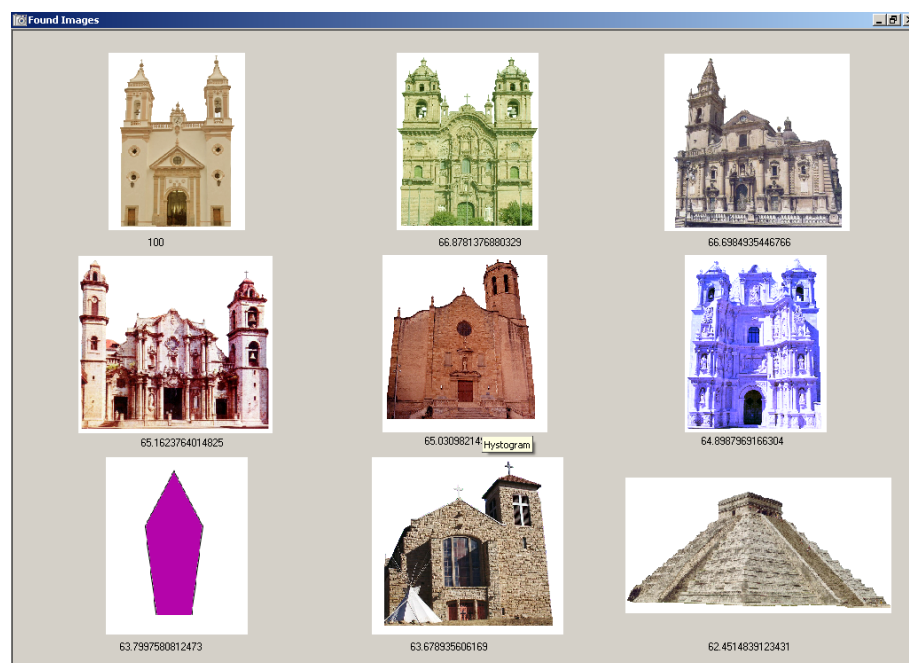


Figura 6.9: Imágenes recuperadas partiendo de la consulta de la Figura 6.8.

6.2.1.1.2 Análisis de imágenes recuperadas

Se puede observar que las imágenes recuperadas, son la mayoría Iglesias, excepto la séptima imagen que es un pentágono y la novena, que se trata de una Ruina, a simple vista podríamos decir, que estas dos imágenes no se parecen a la imagen consulta, más adelante, en las Figura 6.10 y 6.11, se hace la comparación de ambas funciones de forma. Las imágenes restantes son iglesias, pero tienen diferencias en la forma, por ejemplo, la imagen a consultar es una iglesia que tiene dos torres a los lados, en las imágenes recuperadas, existen tres imágenes de iglesias que tienen solamente una torre al lado y no dos como las otras.

A continuación, se muestra las comparaciones de la segunda y octava imágenes recuperadas, que son las imágenes que a simple vista podemos decir que no son similares a la imagen consulta.

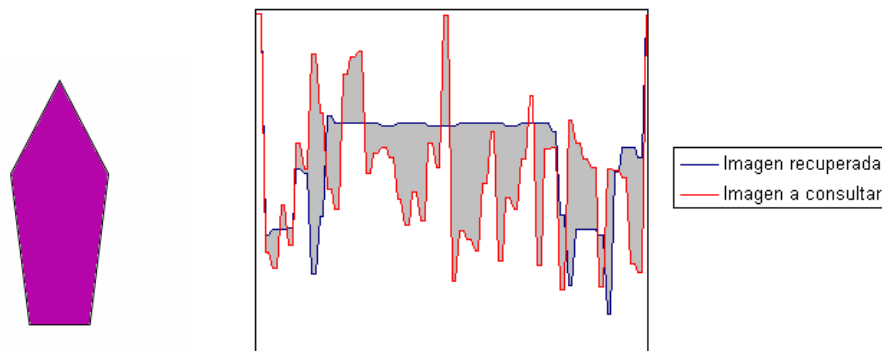


Figura 6.10: (a) Imagen recuperada en séptimo lugar con la imagen de la Figura 6.8 como consulta. (b) Gráfica de comparación de funciones despacio tangencial entre la imagen (a) imagen recuperada y la imagen de la Figura 6.8.

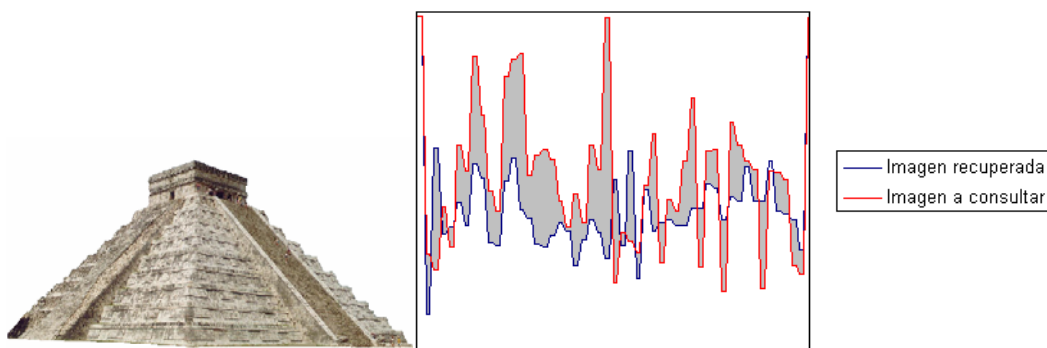


Figura 6.11: (a) Imagen recuperada en noveno lugar con la imagen de la Figura 6.8 como consulta. (b) Gráfica de comparación de funciones despacio tangencial entre la imagen (a) imagen recuperada y la imagen de la Figura 6.8.

6.2.1.2 Consultas por forma y por color

Los ejemplos que se muestran a continuación, son consultas que se realizaron utilizando la comparación por forma y por color, buscando en toda la colección de imágenes.

Ejemplo No. 1

Imagen a consultar: Esta imagen pertenece a la categoría de Sandía dentro de Fruta, que se encuentra dentro de Naturaleza.

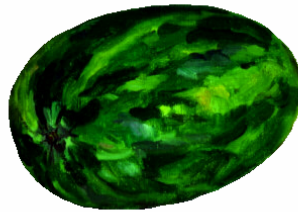


Figura 6.12: Imagen a consultar, sin utilizar categorías ontológicas.

Imágenes recuperadas:

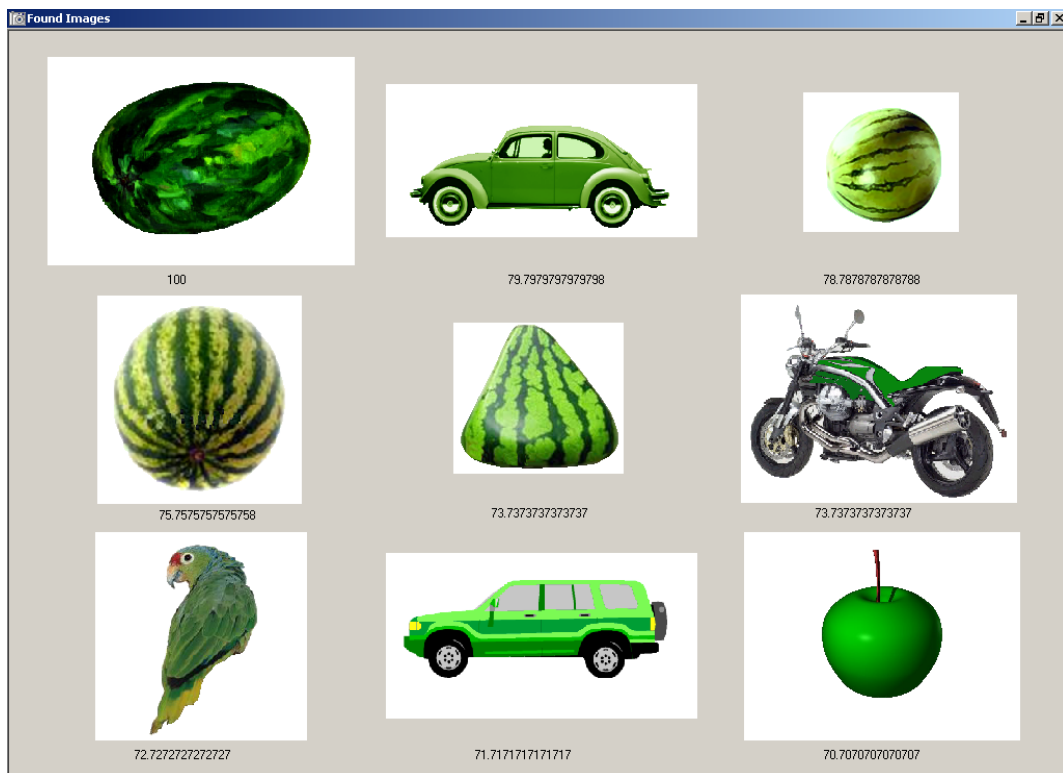


Figura 6.13: Imágenes recuperadas partiendo de la consulta de la Figura 6.12.

Podemos observar que existen varias imágenes recuperadas, que a nuestra vista no son similares a la imagen consulta, como por ejemplo, los dos carros (segunda y octava imágenes recuperadas), la motocicleta (sexta imagen) y el perico (séptima imagen).

Enseguida se analizan su forma y color para justificar la recuperación por parte del sistema.

Primero se comparan la primera y la segunda imágenes recuperadas en la Figura 6.13, es decir, la imagen consulta y la segunda imagen que se muestra en Figura 6.13. En la Figura 6.14 se observan las dos imágenes a comparar, la comparación es con respecto al color y la forma de las imágenes. Como se explicó en el Capítulo 5, se analiza la distancia de histograma para medir la similitud del color y la distancia entre funciones de espacio tangencial para medir la similitud en cuanto a forma.



Figura 6.14: (a) Imagen consulta, (b) Imagen recuperada, más parecida en cuanto a forma y a color, ver Figura 6.13.

La distancia de forma de las imágenes de la Figura 6.14, se muestra comparando las funciones de espacio tangencial de ambas imágenes, como se ve en Figura 6.15. En color rojo se encuentra la imagen Figura 6.14 (b) y en azul la imagen Figura 6.14(a). La zona gris representa la distancia entre estas dos imágenes.

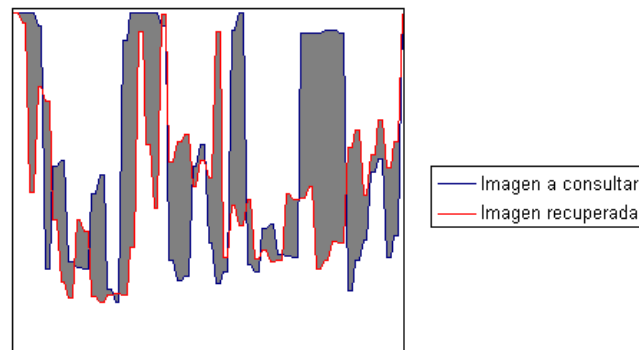


Figura 6.15: Diferencia entre funciones de espacio tangencial de las imágenes de la Figura 6.14 (a) y (b).

Comparación de los segmentos de división del histograma de color. Como se mencionó en el Capítulo 5, cada canal del histograma se particiona en 8 segmentos. Existe una

barra en el histograma para cada canal del sistema RGB. En la Figura 6.16 se muestra la diferencia entre los segmentos de los histogramas de las imágenes en la Figura 6.14 (a) y (b).

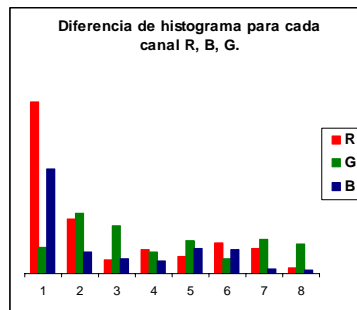


Figura 6.16: Diferencia de los segmentos de los histogramas de las dos primeras imágenes de la Figura 6.14.

A continuación, se analizan las distancias entre la imagen consulta Figura 6.12 y la séptima imagen recuperada de la Figura 6.13. Estas imágenes se muestran en la Figura 6.17 y como ya se mencionó, a simple vista se observa que para la vista humana no es similar en forma, a la imagen consultada.

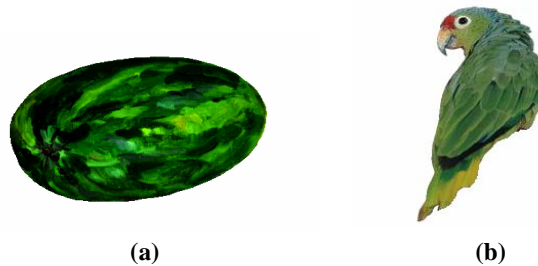


Figura 6.17: (a) Imagen consulta, (b) séptima imagen recuperada en cuanto a forma y a color, ver Figura 6.13.

La comparación de forma de las imágenes de la Figura 6.14, en otras, palabras la distancia entre las funciones de espacio tangencial de ambas imágenes se muestran en la Figura 6.18. En color rojo se encuentra la imagen Figura 6.17 (b) y en azul la imagen Figura 6.17 (a). La zona gris representa la distancia entre estas dos imágenes.

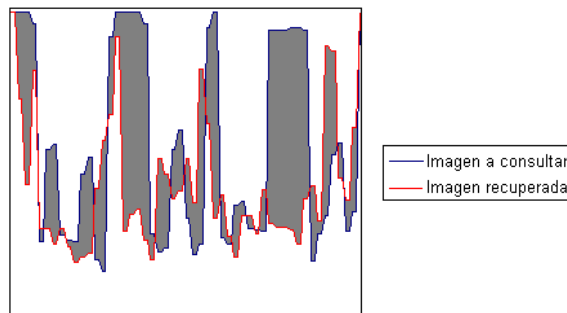


Figura 6.18: Diferencia entre funciones de espacio tangencial de las imágenes de la Figura 6.17.

Comparación de los segmentos de división del histograma de color. Cada canal del histograma se particiona en 8 segmentos. Existe una barra en el histograma para cada canal del sistema RGB. En la Figura 6.19 se muestra la diferencia entre los segmentos de los histogramas de las imágenes en la Figura 6.17 (a) y (b).

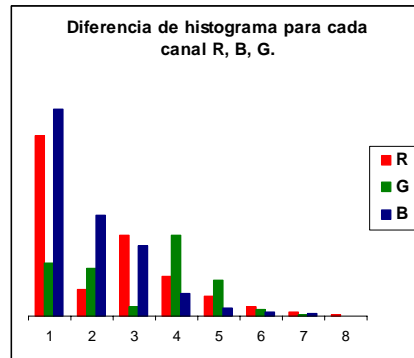


Figura 6.19: Diferencia de los segmentos de los histogramas de las dos primeras imágenes de la Figura 6.17.

6.2.2 Pruebas utilizando términos ontológicos

A continuación, se especifican algunos ejemplos de consultas de imágenes haciendo uso de las clases de la estructura ontológica. Estas consultas nos muestran la comparación de distancias Euclidianas.

Se indica el término al que deben pertenecer las imágenes recuperadas similares a la imagen consulta.

6.2.2.1 Búsquedas por imagen.

Ejemplo No. 1

La siguiente búsqueda se realizó con el término *Polígono Regular*, se comparó solamente la forma sin comparar color.

Imagen a consultar: Esta imagen pertenece a la categoría de Cuadrado, que es un Polígono Regular.



Figura 6.20: Imagen a consultar, utilizando términos ontológicos.

Imágenes recuperadas:

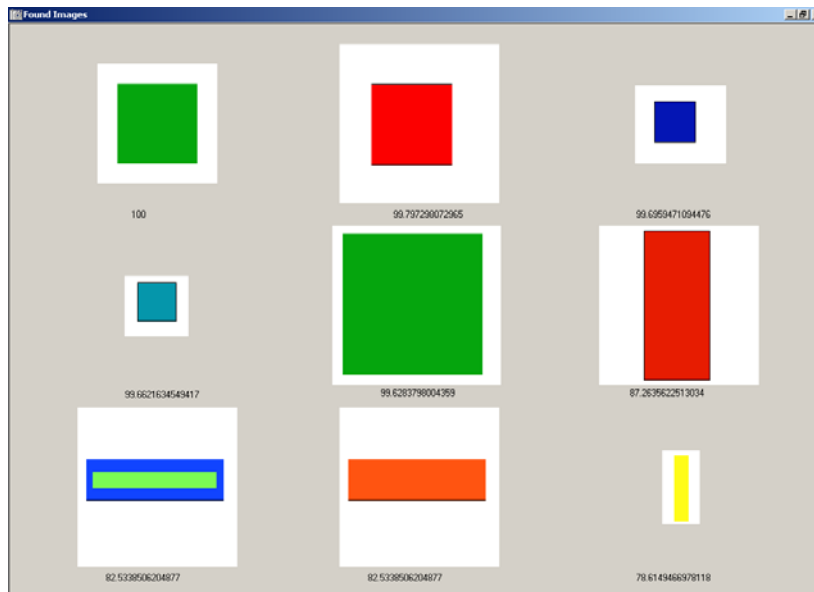


Figura 6.21: Imágenes recuperadas partiendo de la consulta de la Figura 6.20.

Ejemplo No. 2

Consulta con el término *Transporte* y añadiendo la comparación por color:

Imagen a consultar: La siguiente imagen pertenece a la categoría de Carro, dentro de Transporte.



Figura 6.22: Imagen a consultar, utilizando términos ontológicos.

Imágenes recuperadas:

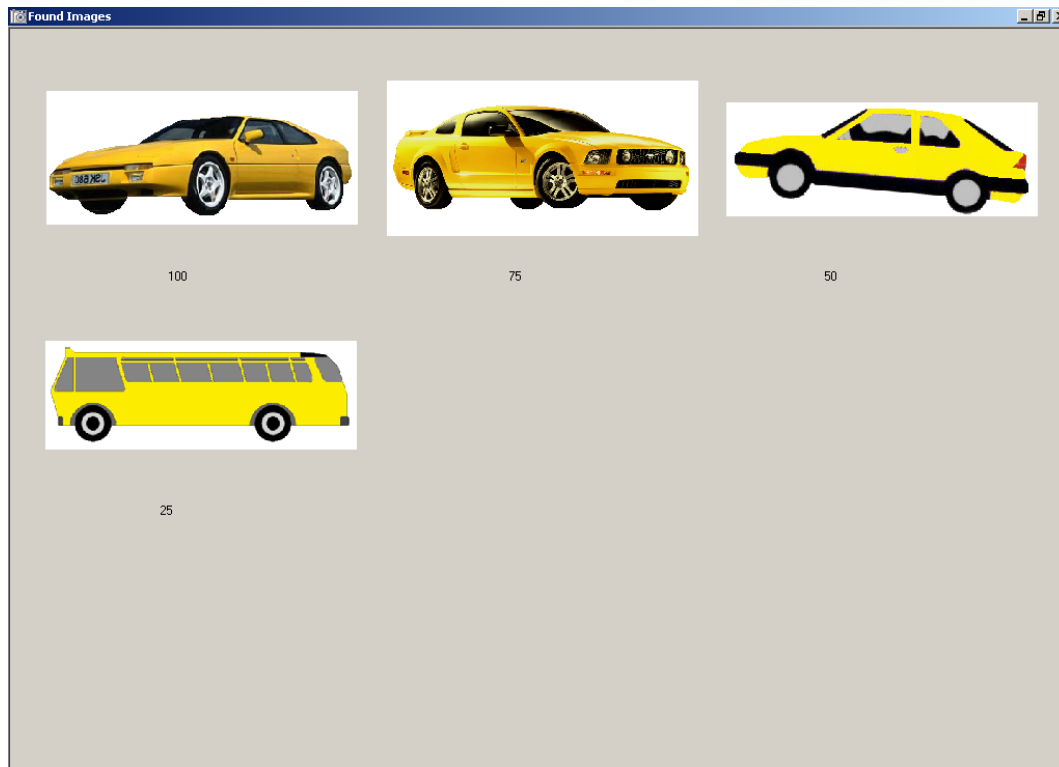


Figura 6.23: Imágenes recuperadas partiendo de la consulta de la Figura 6.22, añadiendo color.

Se realizaron otras consultas para probar el funcionamiento del sistema. Como las que se muestran a continuación, en donde se pueden realizar búsquedas de imágenes especificando la categoría en la estructura ontológica en donde buscar, permitiendo definir búsquedas como la siguiente.

Ejemplo No. 3

Si queremos buscar las construcciones que son similares sólo en forma, a un trapecio como el que se muestra en la Figura 6.24, el cual no pertenece a la colección ontológica.



Figura 6.24: Imagen a consultar, utilizando términos ontológicos.

Imágenes recuperadas:

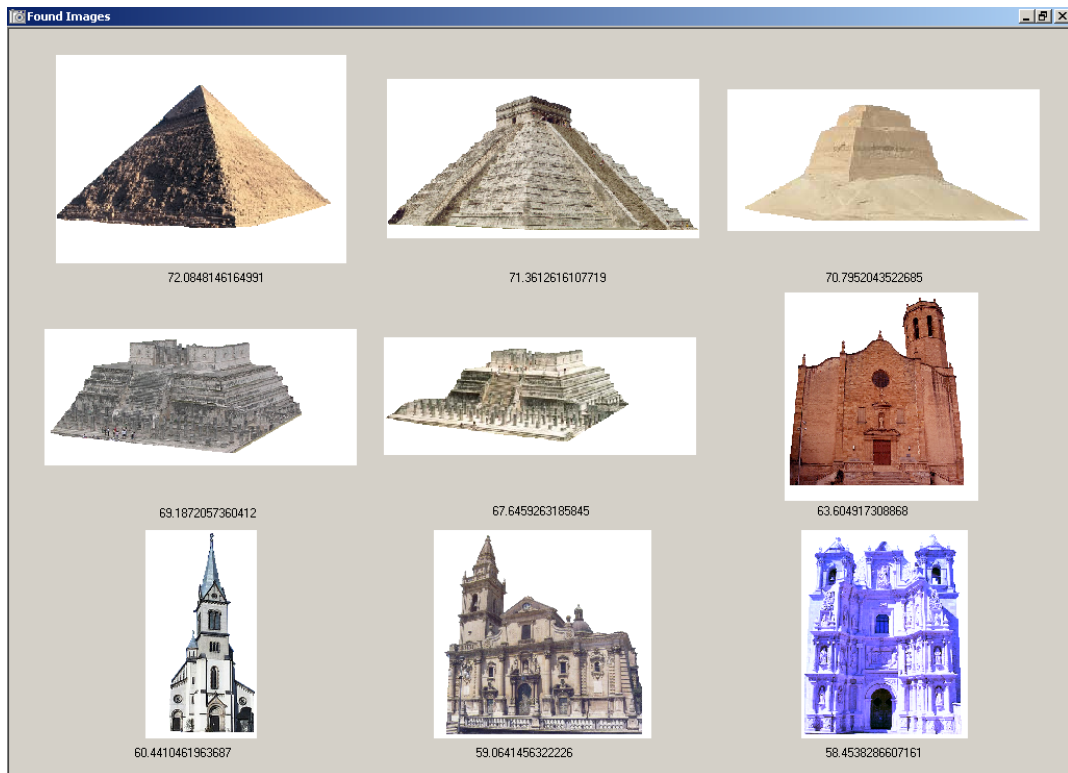


Figura 6.25: Imágenes recuperadas partiendo de la consulta de la Figura 6.24.

En estos ejemplos de consultas por imagen, se observa que en general se obtienen buenos resultados, de la implementación del modelo de indexación. En el Apéndice B, en la sección B.1 se muestran ejemplos de consultas visuales, sin utilizar anotaciones ontológicas, en la sección B.2 se muestran consultas visuales utilizando anotaciones ontológicas.

6.2.2.2 Búsquedas texto

Las siguientes consultas se realizaron por texto, con término ontológicos que se refieren a la categoría de cada imagen.

Ejemplo No. 1.

Consulta por texto: *Fruta*

Imágenes recuperadas:

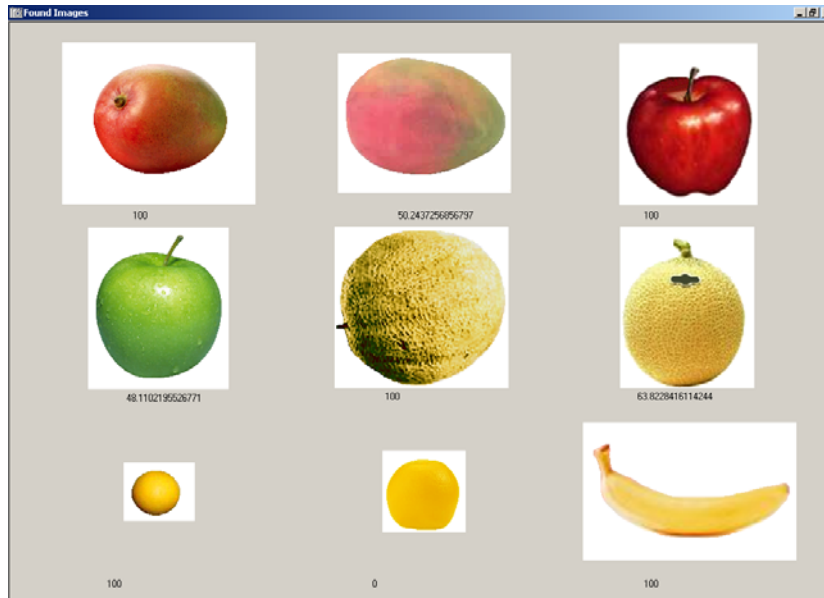


Figura 6.26: Imágenes recuperadas partiendo de la consulta de texto especificada en el ejemplo 1.

A continuación se muestran ejemplos de búsqueda por color, como se explicó en el capítulo 5.

Ejemplo No. 2.

Consulta por texto añadiendo color: *Motocicleta azul.*

Imágenes recuperadas:

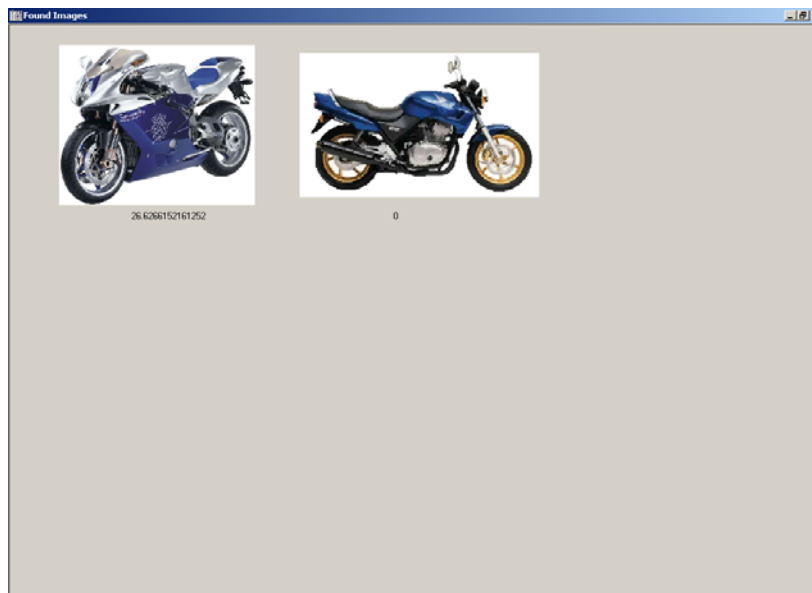


Figura 6.27: Imágenes recuperadas partiendo de la consulta de texto especificada en el ejemplo 2.

Ejemplo No. 3.

Consulta por texto: Transporte verde

Imágenes recuperadas:

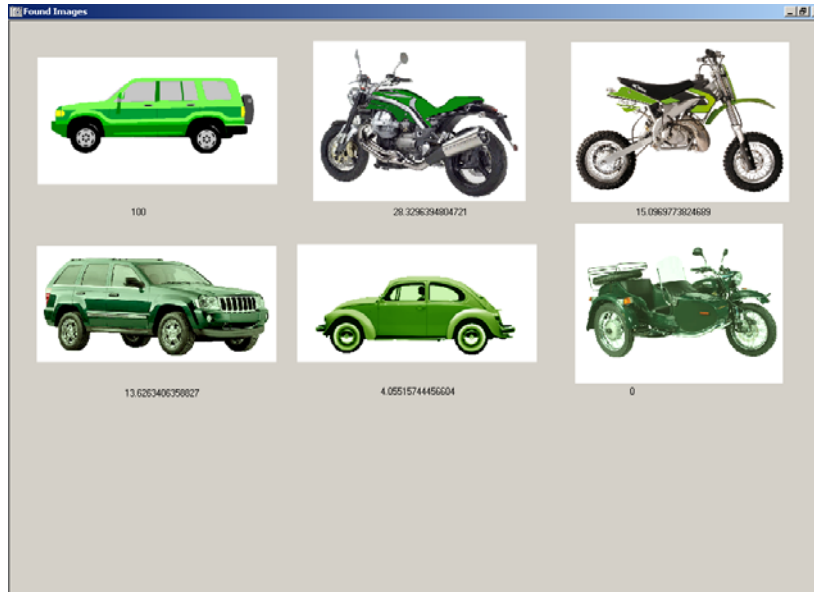


Figura 6.28: Imágenes recuperadas partiendo de la consulta de texto especificada en el ejemplo 3.

Como se aprecia en las figuras anteriores, las imágenes recuperadas, coinciden con los términos ontológicos que se especificaron en la consulta. En este tipo de consulta, las imágenes recuperadas son aquellas que coinciden con el término especificado, por lo que no se muestran otras imágenes similares que no contengan esa anotación.

Más ejemplos de consultas de texto se pueden encontrar en la sección B.3 del Apéndice B.

6.3 Evaluación del sistema

La evaluación se realizó mediante la gráfica de *Precisión-Recall*, enseguida se explica en que consiste [82]. Los sistemas de recuperación de información se evalúan en base a su grado de desempeño. Este se caracteriza por dos medidas estadísticas: *precisión* y *recall* (exhaustividad). En un sistema de recuperación de imágenes, una vez que se ha completado el proceso de la búsqueda, el conjunto de imágenes se divide en dos grupos, estos son, el conjunto de imágenes que se recuperaron y el grupo de imágenes omitidas. Las imágenes que conforman cada grupo se subdividen a su vez, en las que son relevantes según los criterios de búsqueda y las imágenes que no cumplen estos criterios. Estos grupos se pueden observar en la siguiente Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Tabla Precisión-Recall en recuperación de imágenes [82]

	Relevantes	Irrelevantes	
Recuperados	a	b	(a + b) Todas las imágenes recuperadas.
No recuperados	c	d	(c + d) Todas las imágenes omitidas.
	(a + c) Todas las imágenes relevantes de la colección.	(b + d) Todas las imágenes irrelevantes de la colección.	(a + b + c + d) Todas las imágenes de la colección.

La precisión, es la fracción de las imágenes recuperadas que son realmente relevantes para los criterios definidos de búsqueda, entre el total de imágenes recuperadas por el sistema (a+b). Se define como la proporción entre el número de datos relevantes recuperados y el total de datos relevantes en la colección como lo expresa la ecuación (6.1). Recall, es la fracción del conjunto de imágenes relevantes que han sido correctamente recuperadas por el sistema. Recall mide la habilidad de recuperar información relevante de toda la colección de imágenes.

Cuando se emplean juntos estos dos conceptos, precisión y recall, miden la efectividad del sistema. Como se mencionó, el cálculo del recall requiere el conocimiento del número exacto de imágenes relevantes que hay en la colección (a + c), también se realiza una estimación del número de documentos relevantes no recuperados (c) como se especifica en la ecuación (6.2).

$$precision = \frac{a}{a+b} \times 100, \quad recall = \frac{a}{a+c} \times 100$$

(6.1) y (6.2)

Para cada imagen a consultar, las imágenes relevantes en la colección, son las imágenes que son perceptualmente similares a la consulta especificada (por ejemplo: consulta por imagen) Otra forma de expresar estos términos es de la siguiente manera:

$$Precision = \frac{A}{B}, \quad Recall = \frac{A}{C}$$

(6.3) y (6.4)

donde

A es el conjunto de imágenes relevantes que el sistema recuperó en una búsqueda específica, por lo tanto $A = |B \cap C|$.

B es el conjunto de imágenes que el sistema recuperó para una búsqueda específica.

C es el conjunto de imágenes relevantes para una búsqueda específica.

Las ecuaciones anteriores (6.3) y (6.4) se pueden expresar respectivamente como:

$$\text{Precisión} = \frac{|B \cap C|}{|B|}, \quad \text{Recall} = \frac{|B \cap C|}{|C|}$$

(6.5) y (6.6)

Por lo tanto, la precisión es la división del conjunto formado por la intersección de las imágenes que el sistema recuperó en una búsqueda específica (B), con el conjunto de imágenes relevantes para una búsqueda específica (C), entre el conjunto de imágenes que el sistema recuperó para una búsqueda específica (B). De la misma forma Recall sería la división del conjunto formado por la intersección de las imágenes que el sistema recuperó para una búsqueda específica (B), con el conjunto de imágenes relevantes para una búsqueda específica (C), entre el conjunto de imágenes relevantes para una búsqueda específica (C).

El desempeño de este sistema de recuperación de imágenes se midió en términos de los conceptos *precisión* y *recall*. Estas medidas se utilizan, como ya se dijo, para realizar pruebas en sistemas de recuperación de información, lo que se busca es llegar el objetivo, maximizando estos valores, como se ve en la Figura 6.29.

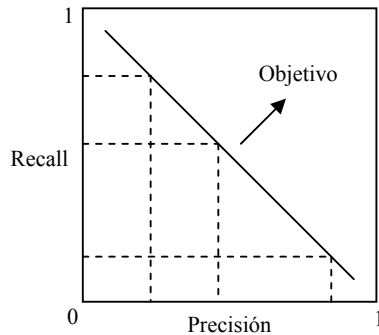


Figura 6.29: Relación entre Precisión y Recall

La precisión y el recall dependen de la definición de relevancia. La relevancia de cada binomio imagen-criterios de búsqueda, se calcula de forma individual. El porcentaje de relevancia se obtuvo manualmente. Dicho porcentaje puede ser muy subjetivo representando un concepto personal.

La realización de estas evaluaciones hace notable, que el modelo propuesto funciona para la recuperación de imágenes. La búsqueda basada en la estructura ontológica, cumple su función

de recuperar imágenes con contenido ontológico similar, basándose en el término especificado en la consulta.

A continuación se explica como se obtuvieron los valores de precisión y recall, con un ejemplo.

Dada como consulta la imagen Main.bmp, el número total de imágenes correctas que debería de recuperar el sistema es de 10 imágenes y se tiene un total de 20 imágenes como máximo de resultados que el sistema puede obtener.

Número de imágenes que el sistema recuperó:

Tabla 6.2: Total de imágenes recuperadas, las imágenes correctas están subrayadas.

1) <u>Main.bmp</u>	11) manzar.bmp
2) BusNaranja.bmp	12) <u>pez1.bmp</u>
3) perico.bmp	13) Bugatti.bmp
4) <u>pez4.bmp</u>	14) <u>pez3.bmp</u>
5) melon4.bmp	15) <u>Peto.bmp</u>
6) colibri.bmp	16) melon2.bmp
7) elefante3.bmp	17) IT-4616.bmp
8) melon3.bmp	18) Main5.bmp
9) redcar.bmp	19) van.bmp
10) avems.bmp	20) elefante4.bmp

Imágenes que el sistema debe recuperar:

Tabla 6.3: Imágenes correctas que debe recuperar el sistema.

- 1) tiburon.bmp
- 2) Pezcado.bmp
- 3) pez4.bmp
- 4) pez3.bmp
- 5) Pez2.bmp
- 6) pez1.bmp
- 7) Peto.bmp
- 8) Pargo.bmp
- 9) P123.bmp
- 10) Main.bmp

En el conjunto que recuperó el sistema, se obtuvieron 5 resultados correctos, de los 10 posibles que se observan en la Tabla 6.3. Los valores de Precisión y Recall se muestran a continuación.

$$Precision = \frac{5}{20} = 0.25, \quad Recall = \frac{5}{10} = 0.5$$

Las curvas de Precisión y Recall que se obtuvieron, se muestran en la siguiente sección.

6.3.1 Resultados obtenidos sin utilizar la ontología.

Para la evaluación del sistema se realizaron 10 pruebas con 20 consultas cada una, se calculo el promedio de estas 10 pruebas y se obtuvieron los valores de Precision y Recall, como a continuación se presentan. Para determinar la efectividad de recuperación se eligieron imágenes representativas del total de 250 imágenes de la colección. El número máximo de imágenes a recuperar fue de 20, estos números se eligieron para medir los resultados obtenidos por las pruebas.

A continuación, en Figuras 6.30 y 6.31 respectivamente, se muestran el promedio de Recall y de Precision obtenidos con las consultas especificadas, sin utilizar la estructura ontológica.

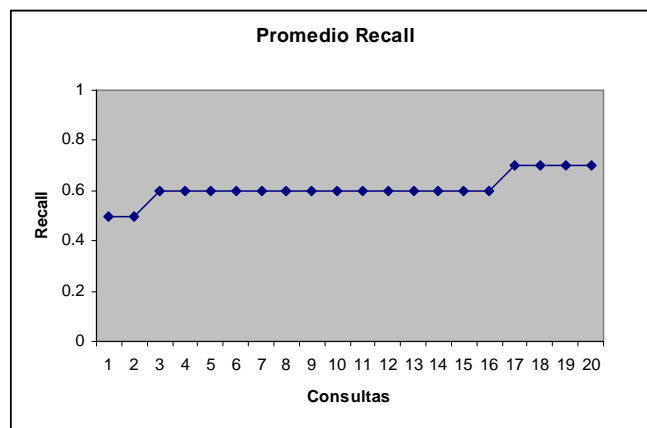


Figura 6.30: Resultados del promedio de Recall obtenidos sin utilizar la ontología.

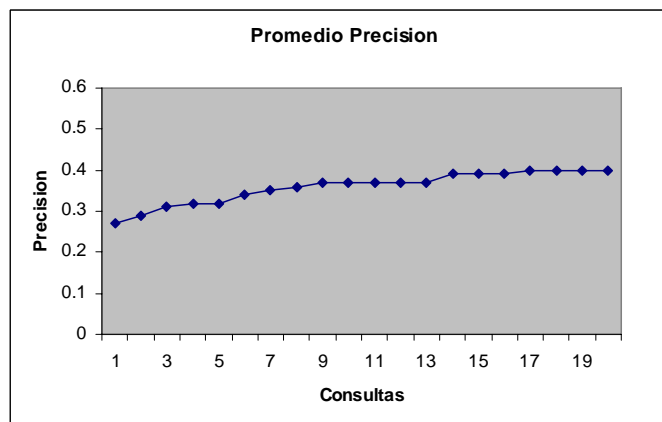


Figura 6.31: Resultados del promedio de Precisión obtenidos sin utilizar la ontología.

Como se observa en las gráficas, los resultados sin el uso de la ontología, para el promedio de Recall (Figura 6.30), algunos valores se aproximan a 1. Esto indica que la fracción del conjunto de imágenes relevantes que fue correctamente recuperada por el sistema, tiende a

maximizarse. En la gráfica de la Figura 6.31, se muestra el valor de Precision, conforme se realizaban las secuencias de consultas se observa que la curva va incrementando su valor, la primera serie de consultas inicia con un valor de 0.28 unidades, indicando que la precisión más baja que se puede obtener es de 0.28 unidades. Los resultados también tienden hacia el objetivo. Aunque no se pudo lograr algún valor máximo, ya que su valor mayor fue de 0.4 unidades, se considera que la recuperación es buena, indicando que la fracción de las imágenes recuperadas son relevantes a la consulta.

6.3.2 Resultados obtenidos utilizando términos ontológicos.

A continuación en las Figuras 6.32 y 6.33 respectivamente, se muestran el promedio de Recall y el de Precision, que se obtuvieron con algunas consultas definidas que utilizan términos ontológicos.

Los datos graficados se obtuvieron de la Tabla 6.4 (b).

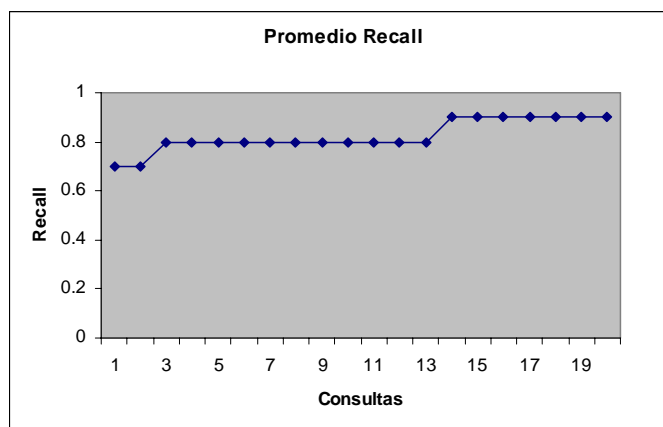


Figura 6.32: Resultados del promedio de Recall obtenidos al utilizar anotaciones ontológicas.

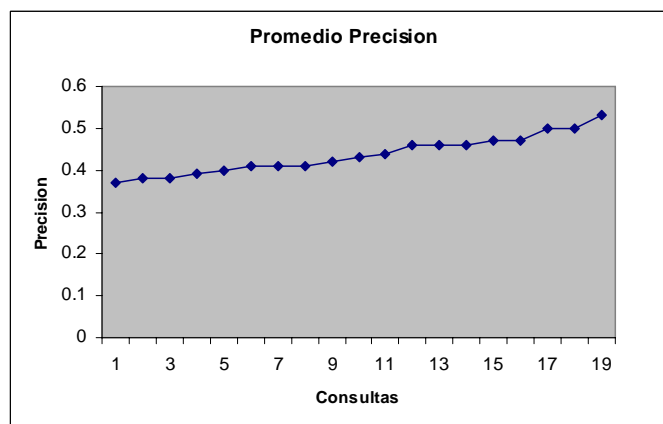


Figura 6.33: Resultados del promedio de Precision obtenidos al utilizar anotaciones ontológicas.

Como se observa en las gráficas anteriores, al hacer uso de términos ontológicos, los resultados obtenidos son mejores, que los de consultas donde no se utilizan la estructura ontológica. En la grafica de Figura 6.30, se muestran resultados obtenidos sin utilizar el árbol ontológico, el promedio más alto de Precisión tiene un valor de 0.4. En la Figura 6.33 un mejor y más alto valor de 0.55 unidades, es decir un 0.15 unidades más arriba que en la Figura 6.31. El valor mínimo de precisión que se obtiene al utilizar anotaciones ontológicas (Figura 6.33) es de 0.38 unidades, lo que representa un incremento de 0.11 unidades con respecto a los resultados obtenidos sin utilizar anotaciones ontológicas .

En la Figura 6.32, el promedio de Recall, al utilizar anotaciones ontológicas, obtuvo un mayor número de resultados con valores de 0.9 muy cercanos al máximo valor de 1, además de que desde las primeras pruebas se muestra la eficiencia ya que se obtiene un valor de 0.7 unidades, lo cual representa que se tiene una mayor fracción del conjunto actual de las imágenes relevantes recuperadas. La tendencia del valor de Recall se inclina a una maximización.

Al realizar las consultas en combinación con anotaciones ontológicas, los resultados son mejores que los obtenidos al no utilizar términos ontológicos, comparando solamente distancias entre formas. La ontología permite que las búsquedas sean más específicas y refinadas.

Se puede asegurar que los resultados serían mucho mejores, si se optimizan los métodos y técnicas que se integraron para desarrollar el modelo híbrido de este trabajo, ya que es en esta parte donde recae la parte fundamental de la recuperación de imágenes.

Los resultados que se obtuvieron en las consultas definidas, para algunos casos fueron buenos, aunque para otros casos no resultaron como se esperaba. Esto se debe esencialmente, el sistema trabaja sobre la forma de las imágenes y se pueden recuperar imágenes que no son tan similares, es decir, se pueden tener varias formas que sean muy parecidas entre sí y tratarse de objetos totalmente diferentes.

La ontología permite que las búsquedas sean más específicas. El uso de términos ontológicos nos permite filtrar el conjunto de imágenes relacionadas. Con el uso de las anotaciones ontológicas podemos asegurar que las imágenes que recuperemos se relacionan a lo que deseamos recuperar y no de forma ambigua como se presenta en un buscador normal, por ejemplo en la Web.

6.4 Evaluación del modelo

6.4.1 Comparación de color

Al realizar una consulta por imagen, en la comparación de color, el vector de características se forma a partir de la división del rango del sistema RGB, cada rango indica el total de tonos que coincidieron en ese segmento. La comparación se base en esta cantidad de tonos, la cual puede tener variaciones muy pequeñas. Por ejemplo, un color azul que tiene los

siguientes valores RGB (25, 64, 161), en comparación con otro tono de color azul, con valores RGB (25, 63, 161), donde se el tono varía en el canal Verde (G en el sistema RGB) de 64 a 63. Estos tonos se muestran en la Figura 6.34, ha simple vista se pueden observar como un mismo tono, que en realidad no lo es, como ya se vio.

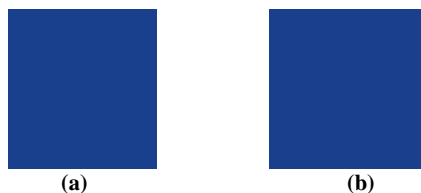


Figura 6.34: Comparación de color de los tonos (a) azul con RGB(25, 64, 161), (b) azul con RGB(25,63,161).

En este caso, en una búsqueda donde se añade la opción de comparar por color, si se tienen dos objetos iguales con un tono de azul para cada imagen, se puede dar el caso de que las imágenes no se clasifiquen como similares. Esto representa una desventaja al utilizar este método, ya que con pequeñas variaciones en algún tono, el resultado de la comparación de color podría no ser adecuado. Por otro lado, la división de los canales RGB, facilita el manejo y reduce el número de información a comparar, para posteriormente obtener la distancia entre vectores de características de forma. Otra ventaja es que se reduce el tiempo de comparación, ya que sólo se comparan 8 valores por cada uno de los 3 canales RGB, es decir, se realizan un total de 24 comparaciones. De otra forma se ejecutarán la comparación de 256 valores por cada canal, es decir, un total de 768 comparaciones de color.

En la Figura 6.34 (b) el canal del color azul varía de 147 a 148, ocasionando un cambio en la clasificación del color. Esta es la desventaja de la comparación de color de una consulta de texto. La ventaja es que en una buena clasificación de color, el color asignado, facilita la búsqueda ya que se busca específicamente el color obtenido con el proceso de clasificación.

Al realizar una consulta de texto, en la comparación por color, se tiene la desventaja de que se definieron sólo 6 colores: rojo, verde, azul, magenta, cyan y amarillo. Los rangos definidos para cada color, pueden asignar un tono de color para nosotros no sea correcto. En la Figura 6.35, donde podríamos clasificar ese color como rosa u otro, sin embargo, debido a que ese color no lo tenemos definidos, se clasifica como rojo. Al igual que la comparación de color de una consulta por imagen, si el valor para algún canal del sistema RGB varía, la clasificación del color también puede cambiar.

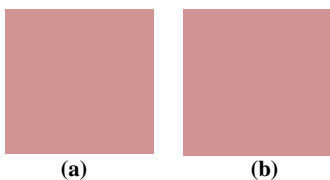


Figura 6.35: Comparación de color, de las imágenes (a) con tono RGB (210, 147, 147), (b) tono RGB (210, 147, 148).

6.4.2 Comparación de forma

La ejecución del algoritmo de evolución de la curva, puede funcionar definiendo diferentes tamaños en la evolución de la curva. Después de diferentes pruebas, se analizó, que en algunos contornos obtenidos al aplicar la evolución de la curva a un número pequeño de segmentos (por ejemplo 10 a 30 segmentos), el objeto no se distinguía bien y la curva evolucionada no representa de una buena manera a dicho objeto. Se escogió un tamaño medio, en el que se pudiera distinguir al objeto, el total del número de segmentos fue de 50, como se muestra en la Figura 6.36.

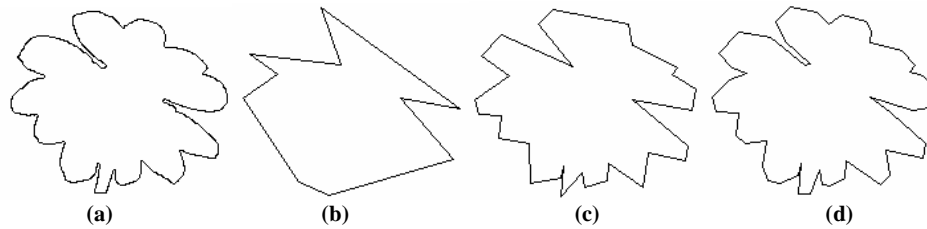


Figura 6.36: Evolución de la curva (a) imagen original, (b) evolución a 10 segmentos, (c) evolución a 30 segmentos, (d) evolución a 50 segmentos.

La formación de la gráfica de la función de espacio tangencial, se realiza a partir de la curva. El número de segmentos que tenga la curva evolucionada, será el número de escalones que presente la función de espacio tangencial, mientras menos escalones se tengan, menor será el tiempo y la información a comparar. La desventaja que se presenta al tener menos segmentos, es que si dos gráficas, tienen menos datos que comparar entre sí, entonces la distancia de comparación que se obtiene no es significativa, ya que existirían demasiadas gráficas parecidas y la recuperación de imágenes no se ejecutaría en una forma eficiente.

6.4.3 Comparación de anotaciones ontológicas

Las anotaciones ontológicas, se refieren a los nombres de las clases jerárquicas definidas en la ontología. La comparación se realiza aplicando una búsqueda de profundidad, en la estructura ontológica, del término especificado por el usuario. En una consulta de texto, el usuario también puede facilitar la búsqueda y reducir el tiempo al obtener el conjunto de imágenes a recuperar. Esto se realiza escribiendo el mayor número de términos correspondientes a una ruta en el árbol ontológico. La desventaja es que sólo se pueden especificar términos que pertenecen a una misma categoría. En una consulta no se pueden especificar dos términos que pertenecen a clases diferentes de dominios diferentes.

En cuanto a las consultas por imagen, la anotación ontológica se obtiene al encontrar la imagen más similar en la estructura, a partir de esta imagen ya clasificada, se recupera el término ontológico de la clase a la que pertenece y la búsqueda se realiza solamente en el

conjunto de imágenes clasificada en esta clase. Debido a los problemas presentados en la comparación del color y de la forma, se pueden recuperar imágenes que sean erróneas y que no pertenezcan a la misma clase de la imagen consultada

La parte de la asignación de anotaciones semánticas, es un proceso que se realizó manualmente, definiendo los términos, su clasificación en las clases jerárquicas y las relaciones que existen entre ellos (por ejemplo relaciones *es-un*). Este proceso se puede ver con una desventaja, debido a que el administrador que clasifica las imágenes, determina la categoría a la que cada imagen pertenece. Si en la búsqueda se utilizara otro criterio de clasificación (por ejemplo a nivel de significado), las imágenes recuperadas pueden pertenecer a otra categoría que no es la que se definió. El diseño de la definición semántica a nivel de objetos, no presenta tal desventaja, debido a que el significado de cada categoría corresponde a un nombre común de cada categoría, la cual abarca un conjunto finito de tipos de objetos definidos previamente. Por ejemplo, si buscamos el término Insecto, el modelo recupera las imágenes categorizados con las anotaciones mariposa y araña, los cuales se encuentran dentro de insecto. Además, se especifican las categorías existentes y se asume su aceptación y entendimiento común (compartido), el cual es necesario para que en una búsqueda, se defina una anotación ontológica correcta que exista en la estructura.

Las ventajas que nos proporcionó el utilizar una estructura ontológica, fueron facilitar las búsquedas y proveer precisión en el conjunto de imágenes recuperadas en una consulta determinada.

Como se mencionó anteriormente, como parte de la evaluación del modelo, éste fue aceptado para su publicación en el Primer Encuentro de Estudiantes en Ciencias de la Computación [95].

6.5 Conclusiones

Aunque los resultados que se obtuvieron en la evaluación del sistema, al utilizar términos ontológicos no fueron excelentes, se obtuvieron un total de 0.55 unidades de un máximo de 1, para el promedio de Precision con el uso de anotaciones ontológicas, mientras que los resultados sin el uso de anotaciones ontológicas, fueron de alrededor de 0.4 unidades, representando un incremento de precisión de casi un 15%. También el promedio de Recall mejoró con el uso de términos ontológicos. Se obtuvieron más resultados con valores cercanos al objetivo (valor máximo 1). Con lo que podemos concluir que la recuperación de imágenes con el uso de la estructura ontológica obtiene un mayor grado de similitud en las imágenes recuperadas. Mientras más pruebas se realicen, la tendencia será más cercana al 1. Los resultados que se obtuvieron, demostraron que el uso de ontologías mejora los resultados de recuperación de imágenes.

Las pruebas se realizaron sobre una colección de imágenes que abarcó imágenes de diferentes dominios, desde muebles, transportes, animales, rosas, iglesias, ruinas, hasta figuras de polígonos, etc. La cantidad de imágenes se puede considerar hasta cierto punto pobre ya que para una colección grande de imágenes (como la Web) el modelo sería ineficiente, sin embargo, el objetivo fue probar el modelo híbrido de indexación basado en anotaciones ontológicas, que se propone en este trabajo.

Los resultados y la evaluación del modelo, reflejan que se cumplió el objetivo general establecido al inicio de esta investigación, es decir, se analizaron y se realizó el modelado de métodos de representación de imágenes, de forma y de semántica, que fueron elegidos en la recuperación de imágenes. El modelo híbrido propuesto se basa en la integración de características de bajo nivel como color y forma, con semántica definida por medio de un árbol ontológico, para la recuperación de imágenes con contenido ontológico similar.