

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**SERVIDORES WEB PARA  
DISTRIBUCIÓN DE IMÁGENES  
DIGITALES GEOREFERENCIADAS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRONICO**

**PRESENTADO POR:**

**RAÚL FERNANDO BALBUENA GARCÍA**

**PROMOCIÓN**

**1989-II**

**LIMA – PERÚ**

**2007**

## SUMARIO

El volumen de datos con referencia geográfica aumenta exponencialmente año a año al intensificarse la captura de información por sensores de diverso tipo a bordo de plataformas satelitales que constantemente orbitan el globo terráqueo.

Estos datos son articulados con información existente tanto georeferenciada, o geográfica, como tabular y grafica no-georeferenciada, para integrar plataformas de soporte operativo y de gestión en actividades tan variadas como: manejo de recursos naturales, prevención y atención de emergencias, gestión del medio ambiente, aumento de la eficiencia en los procesos agropecuarios, prospección geológica para minería y petróleo, gestión de redes de transmisión y distribución de energía, agua y alcantarillado, geomarketing, etc. El software asociado se agrupa bajo la denominación genérica GIS (Geographic Information Systems).

El presente trabajo representa un esfuerzo por analizar de manera teórica y práctica alternativas de bajo costo, pero de aceptable performance, para implementar herramientas de software que apoyen el proceso de captura, transformación, almacenamiento, estructuración de datos, acceso, transmisión y despliegue de la mencionada información georeferenciada, tanto en formatos vectoriales como en formatos raster, en entornos Internet.

Las conclusiones del estudio permiten vislumbrar que el futuro de esta rama de la tecnología no evade necesariamente el entorno de los software de código libre (open source), sino que, con el concurso de organizaciones sin fines de lucro como la Open GIS Consortium, dedicada al fomento de estándares de interoperabilidad, en el futuro habrá un mayor desarrollo y una mejor oferta tecnológica en este rubro lo cual rivalizará con la competitiva oferta del entorno comercial.

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>CONCEPTOS DE TELEDETECCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Introducción</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Clasificación</b>	<b>5</b>
1.2.1. Por tipo de plataforma portadora	5
1.2.2. Por tipo de sensores	6
<b>1.3. Sensores activos</b>	<b>7</b>
1.3.1. Sensores activos de radar	7
1.3.2. Sensores activos láser	8
<b>1.4. Sensores pasivos</b>	<b>9</b>
1.4.1. Sensores gammamétricos	9
1.4.2. Sensores magnetométricos	9
1.4.3. Sensores hiperspectrales	9
1.4.4. Sensores térmicos infrarrojos	9
<b>1.5. Bandas espectrales</b>	<b>10</b>
<b>1.6. Principales satélites de observación de la tierra</b>	<b>12</b>
1.6.1. Sensores pasivos satelitales	12
1.6.2. Sensores activos satelitales	12
1.6.3. Resoluciones de los principales satélites	13
<b>1.7. Resumen de aplicaciones por tipo de sensor</b>	<b>14</b>
1.7.1. Sensores de alta resolución	14
1.7.2. Sensores de media resolución	14
1.7.3. Sensores de baja resolución	14
1.7.4. Sensores de radar	14
1.7.5. Relación entre la resolución y el ancho del barrido	15

## CAPITULO II

<b>ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE DATOS GRAFICOS</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Estructuras gráficas digitales</b>	<b>16</b>
2.1.1. Formato vectorial	16
2.1.2. Principales formatos vectoriales	17
2.1.3. Formato raster	17
2.1.4. Principales formatos raster	18
2.1.5. Análisis comparativo entre formatos vectorial y raster	21
<b>2.2. Corrección radiométrica</b>	<b>22</b>
<b>2.3. Filtrado espacial</b>	<b>25</b>
2.3.1. Frecuencia espacial	25
2.3.2. Filtros pasa bajos	25
2.3.3. Filtros pasa altos	26
2.3.4. Filtros detectores de bordes	26
2.3.5. Filtro Roberts	26
2.3.6. Filtro Sobel	26
2.3.7. Filtro Laplaciano	27
2.3.8. Filtro direccional	27
2.3.9. Kernels de convolución	27
<b>2.4. Filtrado en frecuencia</b>	<b>28</b>
<b>2.5. Filtros morfológicos</b>	<b>28</b>
2.5.1. Dilatación	28
2.5.2. Erosión	29
2.5.3. Apertura (opening) y cierre (closing)	29
<b>2.6. Filtros de textura</b>	<b>30</b>
2.6.1. Filtro de recorrido	30
2.6.2. Filtro RMS	31
2.6.3. Operadores de momento	31
<b>2.7. Aplicación de filtros</b>	<b>32</b>
<b>2.8. Compresión de imágenes</b>	<b>33</b>
2.8.1. Definiciones	33
2.8.2. Compresión fractal	33
2.8.3. Métodos sin pérdida de información (Leéosles)	34
2.8.4. Métodos con pérdida de información (Lossy)	34
2.8.5. JPEG	34
2.8.6. Ondeletas (wavelets)	36
2.8.7. Transformada de ondeletas (wavelets) discreta	36
2.8.8. EZW (Embedded Zero-Tree Wavelet)	38
2.8.9. SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees)	38

**SERVIDORES WEB PARA DISTRIBUCIÓN DE IMÁGENES  
DIGITALES GEOREFERENCIADAS**

<b>2.9.</b>	<b>Organización de datos ráster: estructura piramidal</b>	<b>43</b>
<b>2.10.</b>	<b>Indexamiento espacial de datos</b>	<b>44</b>
2.10.1.	Indices unidimensionales y multidimensionales	45
2.10.2.	Indices espaciales	45
2.10.3.	Consultas espaciales	46
2.10.4.	Métodos de acceso multidimensionales (MAM)	46
2.10.5.	MAM basado en memoria principal	48
2.10.6.	Métodos de acceso basados en almacenamiento secundario	48
2.10.7.	Métodos de acceso a puntos	49
2.10.8.	Métodos de acceso basados en dispersión (hashing)	49
2.10.9.	Métodos de acceso jerárquicos	50
2.10.10.	Métodos de acceso híbridos	51
2.10.11.	Métodos de acceso espaciales	52
2.10.12.	Arboles R k-dimensionales	54
<b>CAPITULO III</b>		
<b>TRANSMISIÓN Y DESPLIEGUE DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA</b>		<b>55</b>
<b>3.1.</b>	<b>Técnicas de pre-búsqueda y almacenamiento intermedio</b>	<b>55</b>
3.1.1.	Pre-Búsqueda (prefetching)	55
3.1.2.	Productos WEB con funciones de pre-búsqueda	56
3.1.3.	Algoritmos de predicción	56
3.1.4.	Secuencia predicción – pre-búsqueda	56
3.1.5.	Almacenamiento Intermedio (caching)	57
3.1.6.	Replicación de contenido (mirroring)	58
3.1.7.	Solicitud dinámica de datos	58
3.1.8.	Almacenamiento intermedio cooperativo	59
3.1.9.	Almacenamiento intermedio exclusivo	59
3.1.10.	Almacenamiento intermedio semántico	59
<b>3.2.</b>	<b>Agrupamiento e hilado múltiple de ejecución</b>	<b>59</b>
3.2.1.	Proceso de solicitud de cliente en entorno GIS Web	59
3.2.2.	Hilado múltiple de ejecución (multi-threading)	61
3.2.3.	Agrupamiento (clustering)	62
<b>3.3.</b>	<b>Transmisión y despliegue progresivo</b>	<b>63</b>
3.3.1.	Técnica tradicional	63
3.3.2.	Transmisión Progresiva	64
3.3.3.	Acceso directo a sub-imágenes y regiones de interés (ROI)	66
3.3.4.	Transmisión progresiva de vectores	67
3.3.5.	Protocolo IIP	67
3.3.6.	AJAX	68

## CAPITULO IV

<b>CARACTERIZACIÓN DE IMPLEMENTACIONES EXISTENTES</b>	<b>70</b>
<b>4.1. Componentes de un portal Web de mapeo</b>	<b>70</b>
4.1.1. Equipos de procesamiento de datos	70
4.1.2. Conexión Internet:	70
4.1.3. Servidor Web:	70
<b>4.2. Introducción a Servidores de Mapas Web</b>	<b>70</b>
4.2.1. Definiciones	70
4.2.2. Funcionalidades	71
4.2.3. Arquitectura de los servidores de mapas	72
4.2.4. Acceso a formatos de cartografía	73
4.2.5. Tecnología de servicios de mapas por (Web Map Service)	74
4.2.6. Componentes de la arquitectura WMS	75
<b>4.3. Servidores Web de mapeo existentes</b>	<b>75</b>
4.3.1. UMN Mapserver	75
4.3.2. MapQuest	77
4.3.3. Google Maps	78
<b>4.4. Servidores Web de imágenes exixtentes</b>	<b>81</b>
4.4.1. ERM Image Web Server	81
4.4.2. Google Earth	85
4.4.3. MSN Virtual Earth	87
4.4.4. World Wind	88
4.4.5. MSN Virtual Earth	89
4.4.6. GIMS	90
4.4.7. ArcGIS Image Server	91
4.4.8. ArcGIS Explorer	92
<b>4.5. Software de código abierto y OCG</b>	<b>93</b>
4.5.1. Software de código abierto	93
4.5.2. Open Geospatial Consortium (OGC)	93
4.5.3. PostgreSQL	95
4.5.4. PostGIS.	96
4.5.5. Plataformas por lenguajes de implementación	96

<b>CAPITULO V</b>		
<b>CUADROS COMPARATIVOS</b>		<b>100</b>
<b>5.1. Generalidades</b>		<b>100</b>
5.1.1. Cuadro comparativo de entorno de programación		100
5.1.2. Cuadro Comparativo de Servidores de Imagenes Georeferenciadas		105
<b>CAPITULO VI</b>		
<b>DESARROLLO DE PROTOTIPO</b>		<b>107</b>
<b>6.1. Introducción</b>		<b>107</b>
<b>6.2. Consideraciones de Diseño</b>		<b>107</b>
6.2.1. Rendimiento		107
6.2.2. Costo		108
6.2.3. Visualizador Open Source Base		108
6.2.4. Funcionalidad requerida		108
<b>6.3. Características del visualizador Open source Base</b>		<b>108</b>
6.3.1. Generales		108
6.3.2. Bases de datos soportadas		108
6.3.3. Formatos raster soportados		108
6.3.4. Requerimientos de software		111
6.3.5. Requerimientos de hardware		111
<b>6.4. Descripción del Prototipo</b>		<b>112</b>
6.4.1. Interfaz de Acceso		112
6.4.2. Mapa de inicio		112
6.4.3. Area de visualizacion		113
6.4.4. Area de capas		113
6.4.5. Área de opciones		113
<b>7. CONCLUSIONES</b>		<b>118</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b>		<b>120</b>



## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información geográfica, es decir, aquellos que gestionan la información con énfasis prioritario en sus atributos de ubicación, vienen ganando cada día más terreno como apoyo a la solución de problemas reales en diversos campos como: manejo de recursos natural, prevención y atención de emergencias, gestión del medio ambiente, aumento de la eficiencia en los procesos agropecuarios, prospección geológica para minería y petróleo, gestión de redes de transmisión y distribución de energía, agua y alcantarillado, geomarketing, etc.

Paralelamente los satélites de observación de la Tierra incrementan su nivel de tecnología y producen información cada vez de mejor precisión y mayor detalle, y con contenidos de mayor densidad de datos, posibilitado por instrumentación orientada a analizar resolución espacial, resolución espectral, profundidad de campo, y uso de la polarización múltiple en el espectro de las microondas.

Esta tendencia está acompañada del advenimiento de software especializado de nueva generación para el tratamiento de las imágenes. Ya existe un reconocimiento, por parte de sectores estratégicos de mercado, de la importancia de este insumo.

Al auge de Internet y el incremento de la conectividad ente las computadoras a nivel global ha generado una demanda creciente por este tipo de alternativas donde a la utilización de información basada en los tipos de datos tradicionales se le incorpora la información basada en datos geospaciales lográndose una nueva visión de los problemas y un nuevo espectro de soluciones.

Actualmente los servidores de imágenes georeferenciadas en Internet no sólo permiten publicar mapas resultados de determinados proyectos, sino que también pueden ser utilizados para compartir imágenes entre los diferentes participantes de una investigación sin necesidad de duplicar la misma o de sobrecargar la red abriendo desde una ubicación remota una imagen de gran tamaño.

Además se evita a un administrador de proyectos el trabajo de mantener actualizados a los participantes cada vez que se renuevan las imágenes. Se pueden conectar en una misma aplicación servidores de imágenes con servidores de mapas en formato vectorial y lograr espacio-mapas en línea.

Estas imágenes llevan un proceso previo a su utilización que incluye el mejoramiento de la misma y otros procesos como ortorectificación y georeferenciación a fin de eliminarle a la imagen deformaciones geométricas y radiométricas y ajustarla a un sistema de referencia espacial.

La generación, proceso, registro georeferenciado, vinculación con data y distribución eficaz de esta imágenes requieren de procesos escalonados por etapas. Dado el volumen de la información digital contenida y la necesidad de preservar o mejorar parámetros relacionados con la radiometría y geometría de la información cada una de estas etapas debe resolver problemas de optimización de performance.

Para la etapa de distribución existen opciones comerciales de costo significativo

Este trabajo trata sobre la viabilidad de desarrollo de aplicativos que utilicen información georeferenciada, a través de la red de Internet en forma económica.

Es decir, la hipótesis de trabajo es que es posible construir con elementos de código abierto (open source) una solución de performance aceptable a bajo costo para el almacenamiento, acceso, transmisión y despliegue de información georeferenciada, incluyendo imágenes satelitales de alto volumen.

La metodología empleada consiste en disgregar las etapas del proceso e identificar los parámetros críticos que impactan en la performance global en cada una de dichas etapas.

Previamente se realiza una introducción a elementos de teledetección a fin de poner en autos al lector de las particularidades del tipo de información sobre la que trata el estudio.

Los principales parámetros que entran juego relacionados con el rendimiento y desempeño en las diversas etapas del proceso, incluyen:

1. Etapa de Pre-Almacenamiento:
  - Correcciones Geométricas y Radiométricas
2. Etapa de Almacenamiento y Acceso:

- Formatos de captura y almacenamiento de datos geográficos
- Algoritmos de compresión de datos
- Estructuración de datos: jerárquica, piramidal
- Indexamiento espacial

### 3. Etapa de Transmisión y Despliegue:

- Transmisión progresiva, Streaming de datos
- Pre-búsqueda y almacenamiento intermedio (Pre-fetching, Caching)
- Procesamiento por hilos paralelos (Multi-threading)
- Agrupamiento de procesadores (Clustering)

Luego de identificados los parámetros responsables de la performance para cada etapa se procedió a investigar técnicas para mejorar el rendimiento en cada uno de los parámetros.

El siguiente paso consistió en investigar los diferentes desarrollos existentes para las diversas etapas, llegando a tipificarse los aplicativos por el énfasis prioritario de cada uno de ellos.

A continuación se realizó una selección de los aplicativos y plataformas principales y se estableció un cuadro comparativo de acuerdo a diversos atributos relacionados con las prestaciones de cada uno de éstos.

Se analizó también, en forma comparativa, alternativas de plataformas de desarrollo en cuanto a lenguaje de programación.

Seguidamente se procede a la selección sustentada de una plataforma de desarrollo y se desarrolla e implementa un prototipo utilizando dicha plataforma e imágenes satelitales de alta resolución, la cual es descrita y documentada. .

El alcance comprendió la revisión de todas las etapas de los procesos conducentes a la distribución por Internet de grandes volúmenes de información georeferenciada, hasta su presentación a los usuarios en tiempos de acceso, transmisión y despliegue aceptables.

Las principales limitaciones fueron la confidencialidad con la que se maneja parte de los desarrollos de empresas comerciales, el acceso restringido a código fuente de origen comercial o licenciado, y la baja disponibilidad inicial de información satelital de

alto detalle. La mayor parte de estas limitaciones fueron remontadas en un proceso que se describe a lo largo del estudio y se resumen en las"CONCLUSIONES".

# CAPITULO I

## CONCEPTOS DE TELEDETECCIÓN

### 1.1. Introducción

En el presente trabajo trataremos de información grafica digital georeferenciada. Esta asume diversos tipos de formatos de representación digital los que serán definidos y clasificados en este capítulo.

Para entender cabalmente la naturaleza de la data georeferenciada es menester definir algunos conceptos fundamentales referentes a las fuentes generadoras de dicha información.

La Teledetección es la ciencia de observación de la Tierra desde el aire o el espacio. Como método de observación a distancia de la Tierra ha cobrado importancia principalmente con el avance de la tecnología espacial y de la electrónica de sensores. A partir de fines de la década del 50 tuvo un desarrollo acelerado por requerimientos tanto militares como de prospección de los recursos naturales desde el espacio determinando una nueva rama de la ciencia, junto con los métodos eficientes del análisis de imágenes, el diseño y la construcción de algoritmos computacionales especiales y la fabricación de sensores remotos de alta eficiencia.

### 1.2. Clasificación

#### 1.2.1. Por tipo de plataforma portadora

Podemos clasificar la teledetección por la modalidad de la plataforma portadora de instrumentos de sensoramiento en:

- **Aerotransportada:**
  - aerofotografía, hiperespectral, magnetometría, gravimetría, lidar, gammametría, térmica, de radar)
- **Satelital:**

- Óptica, multiespectral, hiperespectral, de radar, láser

Las órbitas de estos satélites son generalmente polares, a diferencia de los satélites de comunicaciones que generalmente tienen órbitas ecuatoriales geo-estacionarias. Las órbitas polares aseguran una cobertura más completa del globo terráqueo.

### 1.2.2. Por tipo de sensores

- Sensores Radiométricos Pasivos:

Captan radiación de diversas zonas del espectro electromagnético producidas por la reflexión de la energía solar en la superficie de la Tierra o por emisión directa de fuentes naturales, así como emisiones magnéticas:

Incluye:

- Ópticos convencionales: Luz visible
- Infrarrojo cercano: (poner longitudes de onda)
- Infrarrojo termal
- Gammamétrico
- Multiespectrales
- Hiperspectrales

- Radiométricos Activos:

Captan radiación de diversas zonas del espectro electromagnético causadas por la reflexión de energía producida por un emisor propio direccionado hacia la superficie de la Tierra.

Incluye:

- Láser: Luz coherente
- Radar

- Magnetométricos: Captan magnetismo estático

### 1.3. Sensores activos

El principal inconveniente de los sensores pasivos basados en la reflexión del espectro electromagnético solar es que no pueden actuar de noche. Los sensores activos trascienden esta limitación al emitir su propia energía y captar el retorno de la misma reflejado por la superficie de la Tierra. Principalmente incluyen a sensores láser (Lidar) y sensores de radar.

#### 1.3.1. Sensores activos de radar

Debido a su longitud de onda consigue penetrar la cobertura nubosa. Las bandas más usadas son:

- Banda X (8-12 GHz; Long. de onda 2.75-3.75 cm)
- Banda C (4-8 GHz); Long. de onda 3.75-7.5 cm)
- Banda L (1-2 GHz; Long. de onda 15-30 cm)
- Banda P (< 0.3 GHz); Long. de onda > 1m)

Básicamente, el sensor de radar envía pulsos de energía hacia la superficie de la Tierra. Parte de la energía se refleja y regresa como si fuera un eco. La fuerza del 'eco' devuelto dependerá de la rugosidad y del contenido de humedad de la superficie y del grado de orientación de la pendiente con relación al rayo del radar. La demora del 'eco' revela la distancia a la superficie reflejada.

La emisión de pulsos de radar requiere un consumo energético importante, por lo que este proceso resulta costoso y complicado. Sin embargo, el potencial de la tecnología de radar es tan grande que se están realizando cuantiosas inversiones para continuar su desarrollo.

Los sensores de radar emplean energía emitida a longitudes de onda mayores que la luz visible y que pueden penetrar eficazmente las nubes, la bruma y además obtener imágenes nocturnas. Esto constituye una considerable ventaja para los sensores de radar frente a los satélites pasivos, que quedan obstaculizados por las nubes y precisan de la luz del sol para obtener imágenes.

Los sistemas de sensor de radar se usan tanto a bordo de aviones como de satélites. Sus imágenes pueden revelar detalles y generar topografía. Con sensores en plataformas satelitales se alcanzan actualmente resoluciones espaciales de 8m

(tamaño de píxel) sobre el terreno. En el año 2007 se lanzarán dos satélites con sensores de radar que mejoraran la resolución espacial a 3m y 1m respectivamente.

Respecto a sensores de radar aerotransportados la resolución espacial máxima actualmente es de 25 cm.

Estos datos pueden usarse para confeccionar mapas en tres dimensiones. Los modelos de terreno obtenidos se emplean, por ejemplo, en el sistema de control de misiles. El sistema de control de misiles puede comparar el paisaje sobre el que pasa con el modelo de terreno instalado y navegar automáticamente hasta su objetivo. Con los datos también se pueden realizar modelos para otros muchos usos, por ejemplo, para evaluar el impacto de inundaciones.

### **1.3.2. Sensores activos láser**

El termino LIDAR es la sigla de "Light Detection and Ranging", o "Detección de luz y medición de distancias" y es análogo al termino RADAR "Radio Detection and Ranging", o "Detección de radio y medición de distancias". Básicamente un pulso láser se envía mediante un transmisor y las partículas de luz (fotones) resultantes luego de reflejarse en el objetivo son recibidas de regreso en un receptor.

El LIDAR aerotransportado es un equipo que consta de un distanciómetro láser y de un espejo que desvía el haz perpendicularmente a la trayectoria del avión. Este desplazamiento lateral combinado con la trayectoria del avión permite realizar un barrido del terreno. El sistema mide la distancia del sensor al terreno a partir del tiempo que tarda el rayo de luz en alcanzar el suelo y regresar al sensor. Si conocemos las coordenadas, ángulos de actitud del avión y el ángulo del espejo, podemos calcular a partir de estos datos y de las distancias medidas las coordenadas de los puntos.

El LIDAR aerotransportado requiere orientación directa. Trabaja en combinación con un sistema de GPS diferencial (DGPS: Differential Global Positioning System) y un sistema inercial de navegación (INS: Inertial Navigational System). El resultado de un vuelo LIDAR es una colección de puntos con coordenadas conocidas. Típicamente se puede medir de 10,000 a 25,000 puntos por segundo desde una altitud aproximada de 3,000 m sobre el terreno. Para cada pulso emitido puede detectar hasta dos ecos y para cada uno de ellos registra también la intensidad reflejada. El ángulo y la frecuencia de barrido lateral se pueden ajustar teniendo en cuenta la altitud sobre el terreno y la velocidad del avión de manera que la densidad de puntos sobre el terreno



sea la deseada. También es posible elegir entre dos divergencias posibles del haz láser con lo que el diámetro de la superficie iluminada por cada pulso puede variar entre unos 20 y unos 100 cm dependiendo de la altitud de vuelo. Las fórmulas más corrientes que se emplean en estos cálculos están recogidas en (Baltsavias, 1999). [1]

En LIDAR permite generar modelos de elevación del terreno de gran precisión. El error en altura es de hasta aproximadamente 15 cm.

## **1.4. Sensores pasivos**

### **1.4.1. Sensores gammamétricos**

Principalmente usado a bordo de helicópteros. Consiste de cristales de yoduro de sodio los cuales absorben la radiación proveniente de la superficie terrestre. Se debe compensar por la radiación de otras fuentes y por la presencia de radón en la atmósfera.

Originalmente se usaron para la prospección de uranio. En el presente se usan además para mapeo de potencial de tierra de cultivo, y monitoreo del medio ambiente.

### **1.4.2. Sensores magnetométricos**

Orientados a capturar el magnetismo proveniente de fuentes de superficie para propósitos de exploración geológica y mineralógica. La magnetometría es, como la gravimetría, un método geofísico relativamente simple en su aplicación. El campo magnético de la tierra afecta también yacimientos que contienen magnetita (Fe). Estos yacimientos producen un campo magnético inducido, es decir su propio campo magnético. Un magnetómetro mide simplemente las anomalías magnéticas en la superficie terrestre, las cuales podrían ser producto de un yacimiento.

### **1.4.3. Sensores hiperespectrales**

Capturan emisiones electromagnéticas en una amplia gama del espectro discriminadas por bandas definidas. Hay algunos que tienen hasta 224 canales contiguos con longitudes de onda desde 400 hasta 2,500 nanómetros.

### **1.4.4. Sensores térmicos infrarrojos**

Miden los diferenciales de temperatura de fuentes en la superficie. Se usan en control del medio ambiente, seguridad y defensa.

### 1.5. Bandas espectrales

Los sensores remotos, satelitales o aerotransportados, pueden cubrir una o más zonas del espectro electromagnético caracterizadas por tener un rango de longitud de onda, y un rango de frecuencias correspondiente. Estas zonas se denominan bandas espectrales. [1]

Así mismo los elementos en la superficie, o en la cobertura de la superficie terrestre, reflejan de manera diferente la radiación en cada una de las bandas. La combinación de la reflexión espectral se denomina "firma espectral" y se utiliza para discriminar elementos, compuestos y características de las superficie terrestre.

Por ejemplo, es posible determinar algunos minerales y también el tipo de cobertura vegetal, tipo de cultivos, contenido de humedad, etc. La discriminación mejora conforme aumenta el número y distribución de las bandas. Próximamente se lanzará al espacio un satélite con sensor "hiperespectral" (280 bandas) lo cual mejorará la funcionalidad para el análisis de recursos minerales y de cosechas.

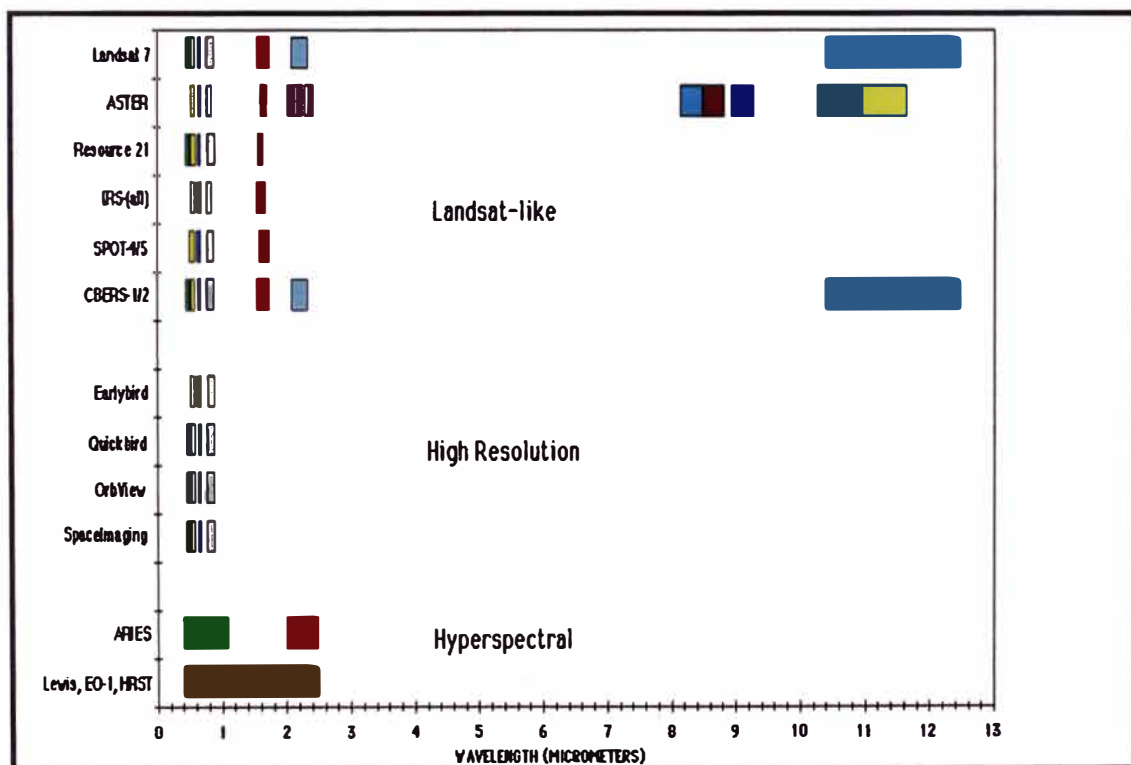
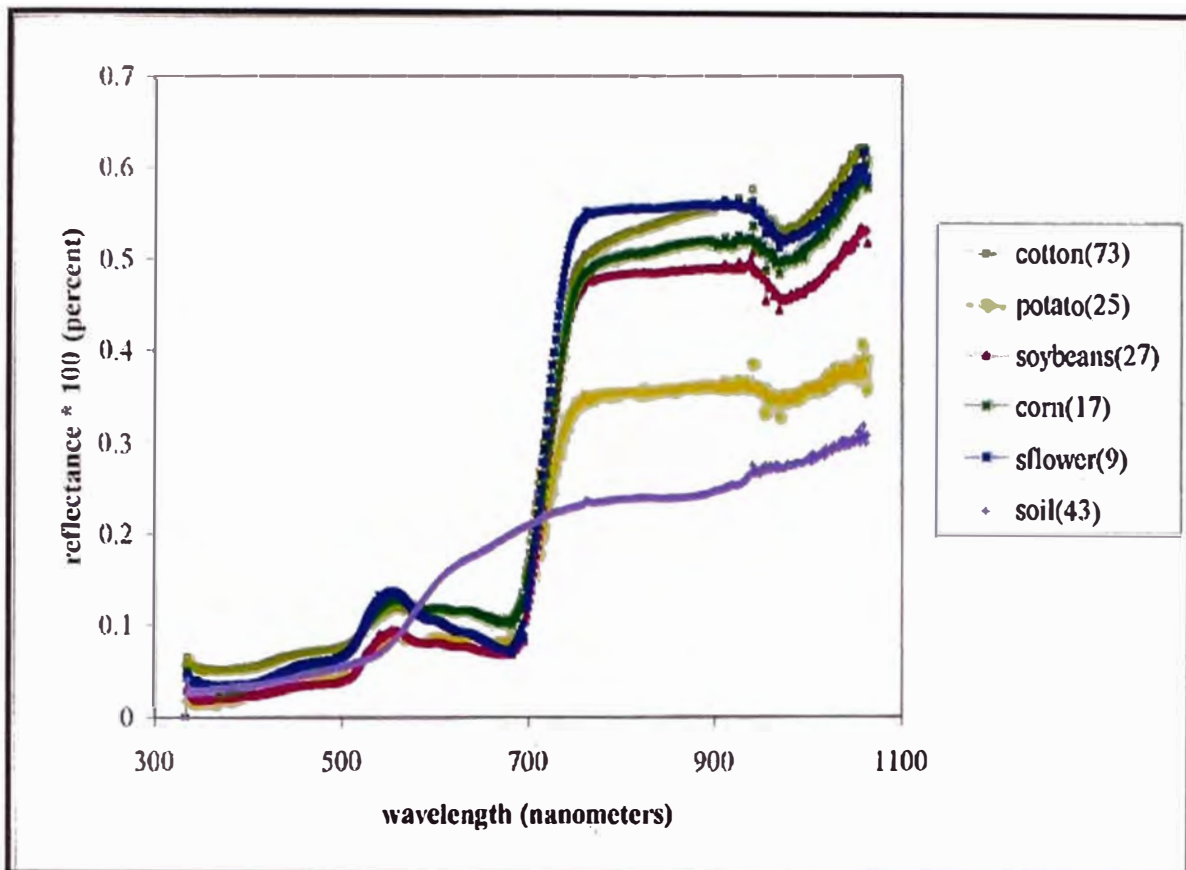


Fig. 1.1 Bandas Espectrales vs. Satélites de Observación de la Tierra



**Fig. 1.2 Firmas Espectrales de Diversos Cultivos**

## **1.6. Principales satélites de observación de la tierra**

### **1.6.1. Sensores pasivos satelitales**

- Orbview-3 (2003, GeoEye, EEUU)
- Ikonos (1999, Space Imaging/GeoEye, EEUU),
- QuickBird (2002, Digital Globe, EEUU),
- IRS (1996, Indian Remote Sensing, India),
- EROS (2005, Imagesat, Israel),
- LandSat (1976, NASA, USA),
- SPOT (1986, Spot Image, Francia),
- CBERS (1999, INPE, China-Brasil),
- ASTER (2005, USGS, EEUU),
- Resourcesat (2003, Indian Remote Sensing, India),
- Cartosat (2005, Indian Remote Sensing, India)

### **1.6.2. Sensores activos satelitales**

- JERS (1992, Japón, ya no operativo),
- ERS-1 (1995, Unión Europea),
- Radarsat (1995, MDA, Canadá),

### 1.6.3. Resoluciones de los principales satélites

Tabla 1.1 Parámetros de Resolución de Principales Satélites de Observación

SATÉLITE/ SENSOR	RESOLUCIÓN ESPACIAL	RESOLUCIÓN ESPECTRAL	RESOLUCIÓN TEMPORAL	RESOLUCIÓN RADIOMÉTR.
	Tamaño mínimo representado por pixel	Número rango de bandas espectrales	Periodo de revisita en el mismo ángulo de toma	Número de bits asignados para la discretización de niveles de energía
<b>ACTIVOS</b>				
OrbView-3	1 m	4 bandas (R,G,B, IR)	3.5 días	11 bit
QuickBird	0.6 m	4 bandas (R,G,B, IR)	3.5 días	11 bit
EROS	0.8 m	1 banda visible	5 días	10 bit
Landsat TM	30 m 120 m (banda térmica)	7 bandas	16 días	8 bit
SPOT-5 SPOT XI SPOT Veget.	5m, 20 m 1 Km	1 banda visible 4 bandas ( swir )	27 días 16 días 4 días	11 bit
OrbView-2	1 Km	8 Bandas ( 6 vis. 2 infrarrojo )	diaria	8 bit
IRS Pan	5.8 m	1 banda visible	24 días	6 bit
IRS LISS IRS Wifs	23.5 m 180 m	4 bandas 2 bandas	24 días "	7 bit "
IKONOS Pan IKONOS MSS	1 mt (Pan) 4 mt (Pan)	1 banda visible 4 bandas ( swir )	3.5 días	11 bit
<b>PASIVOS</b>				
RADARSAT	8-100 m	1 banda radar	2-10 días	11 bit
JERS *	180 m	1 banda radar	16 días	10 bit
ERS	30 m	1 banda radar	16 días	11 bit

## **1.7. Resumen de aplicaciones por tipo de sensor**

### **1.7.1. Sensores de alta resolución**

**QUIKBIRD/IKONOS/ORBVIEW-3:** Dado el nivel de detalle espacial disponible y la precisión posicional, estas imágenes sirven muy bien para desarrollar mapas bases a escalas de hasta 1:2,500, aplicaciones GPS y visualización. Productos multiespectrales son excelentes para planificación urbana, uso en sistemas GIS (Sistemas de información Georeferenciada), infraestructura / transporte, etc. [3] La banda infrarroja ofrece mucha utilidad en aplicaciones de agricultura, forestal, recursos naturales y usos del suelo.

### **1.7.2. Sensores de media resolución**

**SPOT/IRS/Cartosat/Resourcesat/ASTER:** En resolución de 5 m de resolución ofrecen mayor cubrimiento y costos muy competitivos, y dada su buena resolución son excelentes para planificación urbana, mapeo/administración de infraestructura, etc. Los productos de 20 m de resolución son aparentes para aplicaciones de usos de suelo y cubrimiento (vegetación) de suelo. Las imágenes multi-espectrales contienen gran cantidad de información y sirven para variados tipos de investigaciones ambientales. Los datos de mayor resolución, con su cubrimiento amplio e información multi-espectral, sirven para estudios regionales/de nivel de continente, mapeo de recursos, proceso de calentamiento global, etc.

### **1.7.3. Sensores de baja resolución**

**Landsat/NOAA:** Con resoluciones de entre 30 m y 1 km son excelentes para aplicaciones de usos del suelo y cubrimiento (vegetación) del suelo en grandes áreas, igualmente para investigaciones ambientales en zonas extensas, análisis de fenómenos climáticos, calentamiento global, etc. Las 7 bandas de Landsat son:

- Band 1 - blue
- Band 2 - green
- Band 3 - red
- Band 4 - near-infrared
- Band 5 - shortwave infrared
- Band 6 - longwave infrared(thermal)
- Band 7 - shortwave infrared

### **1.7.4. Sensores de radar**

**Radarsat/ERS/JERS:** Los instrumentos SAR (Synthetic Aperture Radar) operan sin problemas bajo condiciones de alta nubosidad y de oscuridad debido a la capacidad

de penetración de la frecuencia de microondas de su señal. Al no requerir iluminación solar (sensor activo), puede ser usada como sustituto de sistemas ópticos en las condiciones especificadas. Adicionalmente el reflejo del radar se intensifica con la presencia de material de alto coeficiente dieléctrico por lo que sirve para detectar la presencia de metal y de humedad.

Su capacidad de penetración del terreno en presencia de bajos coeficientes dieléctricos aporta al monitoreo de características geológicas, de costas y de agua abierta. Es factible crear modelos de elevación digital directamente de ellos.

### 1.7.5. Relación entre la resolución y el ancho del barrido

El "ancho del barrido" corresponde a la amplitud transversal del área que es observada en cada pasada del satélite. En el cuadro inferior podemos apreciar como a resoluciones más gruesas (eje vertical) corresponden anchos de barrido mayores.

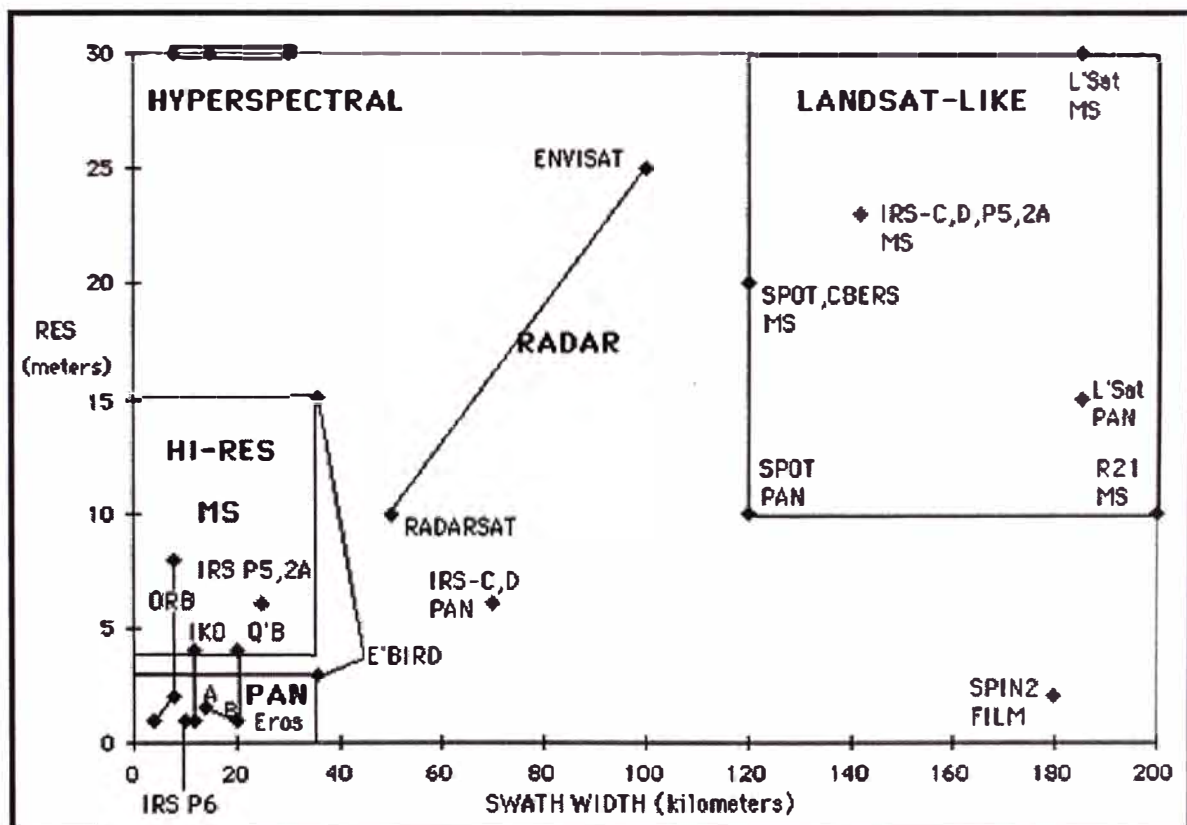


Fig. 1.3 Resolución vs. Ancho de Barrido

## CAPITULO II

### ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE DATOS GRAFICOS

#### 2.1. Estructuras gráficas digitales

Existen dos grupos de formatos principales mediante los cuales se representa la información geográfica digitalizada. Uno corresponde a imágenes digitalizadas, ya sean obtenidas desde satélites, u otro tipo de sensores, de archivos digitales o escaneando mapas de papel. Esta es la codificación raster. [4]

El otro formato se conoce como formato vectorial y codifica los elementos geográficos en términos de objetos geométricos básicos como puntos, líneas o polígonos.

##### 2.1.1. Formato vectorial

Los gráficos vectoriales o *modelado geométrico* se representan en la pantalla de la computadora como "trazos", es decir, por primitivas geométricas como puntos, líneas, curvas o polígonos..

Los objetos geográficos tienen asociados atributos que almacenan información descriptiva, por ejemplo en el caso de una línea que representa una calle se almacenan el nombre, el largo, la dirección de circulación, etc. Una capa geográfica es una colección de objetos geográficos que tienen el mismo significado, por ejemplo hay capas de líneas con información de calles o de polígonos con información de las manzanas, etc.

El formato vectorial requiere menos espacio de almacenamiento, es más flexible en la presentación y modela mejor las relaciones entre los elementos del mapa, ya que las estructuras de datos crean relaciones implícitamente (continuidad, intersección, adyacencia, etc.). Los ejemplos de uso incluyen linderos de propiedades representados por polígonos y ubicación de postes de alumbrado publico representados por puntos X e Y.



Por ejemplo, para crear un segmento de línea recta se indica: su punto inicial (x1,y1), su punto final (x2,y2), su grosor, color, etc. En cambio, en una imagen bitmap, esa misma línea estaría formada por un número determinado de puntos (píxeles) de color contiguos.

Siendo construcciones geométricas los vectores soportan la computación de algoritmos relacionados con transformaciones o funciones geométricas: escalamiento, traslación, rotación, reflexión, superposición, intersección, adyacencia, detección de punto dentro de polígono, generación de corredores, etc. El manejo de relaciones topológicas (conexión, proximidad, adyacencia, intersección) es inherente a dicho formato. [5]

### **2.1.2. Principales formatos vectoriales**

Entre los formatos vectoriales mas utilizados se encuentran:

- PostScript
- SVG
- SWF (Flash)
- WMF (Windows MetaFiles)
- .AI (Illustrator)
- .CDR (Corel Draw)
- .FH9, .FH10, .FH11, etc. (Freehand)
- DXF: Formato de intercambio de Autocad
- IGES
- HPGL: (HP Graphic Language), Un estándar de facto para los trazadores gráficos (Plotter).

### **2.1.3. Formato raster**

En contraste al formato vectorial, se encuentran los gráficos formados por una retícula de píxeles como los bitmap, también llamados gráficos rasterizados. Su estructura de datos corresponde a una matriz bidimensional de celdas. Cada celda almacena un valor discreto que puede representa gráficamente como un píxel ("picture element").

Para la representación gráfica en pantalla, o en papel impreso, intervienen generalmente tres valores internos por cada píxel de salida. Es decir un valor en R (red=rojo), uno en G (green=verde), y uno en B (blue=azul). El color de cada píxel está definido individualmente; por ejemplo, una imagen en un espacio de color RGB, almacenaría el valor de color de cada píxel en tres bytes: uno para el verde, uno para el azul, y uno para el rojo.

Los gráficos rasterizados se distinguen de los gráficos vectoriales en que estos últimos representan una imagen a través del uso de objetos geométricos como curvas y polígonos, y no del simple almacenamiento de valores por cada píxel.

En el caso de imágenes multispectrales, o hiperespectrales, existen más de tres valores por cada píxel, uno por cada banda de la imagen. No obstante la salida generalmente contempla sólo el valor de los tres elementos asignados a los canales de salida R-G-B.

#### **2.1.4. Principales formatos raster**

Los dos formatos raster que alcanzaron popularidad inicialmente venían predeterminados por el sistema operativo Windows. Estos son:

**BMP (Bit Map):** Tiene una característica a favor y otra en contra, la cual es que no comprime mucho las imágenes. La ventaja de este formato es que como un 90% de las computadoras poseen el sistema operativo Windows, es una extensión que casi todas las PC pueden soportar.

**PCX:** Es una extensión característica del programa Paintbrush. Solo se podrán ver imágenes en este formato, si el usuario instala este programa en su PC.

Posteriormente aparecen otros formatos como:

**TIFF (Tagged-Image File Format):** Esta extensión es muy usada para intercambiar archivos entre los distintos programas y plataformas de la computadora. Se caracteriza por no comprimir mucho la imagen almacenada, evitando la pérdida de los detalles de la misma.

**EPS (Encapsulated PostScript Language):** Es un formato característico de Adobe Photoshop, aceptado por la mayoría de los programas gráficos.

**PhotoCD (Kodak Pro PhotoCD)** Diseñado por la empresa Kodak, para crear álbumes de fotos a partir de discos de CDROM.

**PICT:** Es un formato que usa Macintosh para las transferencias de archivos entre programas. Comprime con efectividad imágenes con grandes bloques de color sólido (excepto blanco y negro).

Con el creciente uso de Internet, y las limitaciones de ancho de banda en la transmisión, se torna crítico lograr la mayor compresión de una imagen sin que sufra pérdida en su calidad, por tanto aparecen formatos orientados a dicho propósito, como:

**PDF:** Permite la creación de documentos en los que podemos incluir imágenes, esquemas, links e hipertexto. Puede usarse bajo plataformas tales como Macintosh, Windows, DOS y UNIX.

**GIF:** El formato GIF es el más popular en la Web. Puede almacenar tanto imágenes en blanco y negro, como en escala de grises o en color, pero hasta un máximo de 256 colores o tonos de gris. El archivo de la imagen consta de la propia imagen y una paleta de colores. El algoritmo de compresión consiste en buscar zonas de un mismo color, lo que hace a este formato ideal para imágenes en las que aparezcan grandes zonas de un único color, y bastante ineficiente para imágenes con mucho dinamismo de color como las fotografías. El formato GIF permite imágenes transparentes, entrelazadas y poder generar imágenes animadas mediante el guardado de varias imágenes en un mismo fichero.

**JPG:** El formato JPEG se creó para el almacenaje de fotografías y cada una puede contener hasta 16 millones de colores ocupando un reducido tamaño. Esto lo realiza mediante un sofisticado algoritmo de compresión que permite obtener fichero con un tamaño muy reducido a costa de pérdida en la calidad de la imagen. Cuando se utiliza una técnica de compresión con pérdidas, hay que asumir que la imagen al descomprimirla no va a ser idéntica a la original, ya que al comprimirla se descartan datos de información de la imagen original. Cuanto mayor sea la compresión peor será la calidad, pero el tamaño de la imagen resultante será mucho menor. Aplicando la mayor compresión, una imagen de 1MB puede pasar a ocupar 10 Kb, lo cual hace al JPEG un formato muy interesante para la Web. Debido a las pérdidas al generar los archivos JPEG, es importante conservar preferentemente la imagen original.

**PNG:** El formato PNG fue diseñado para suceder al GIF. Combina ventajas de los formatos GIF y JPEG. Ofrece compresión sin pérdidas y admite transparencia y entrelazado, permitiendo hasta 16 millones de colores y transparencia de 8 bits, con lo que se consiguen 256 niveles de transparencia. Esto es especialmente útil para conseguir fundir progresivamente las imágenes con el fondo del navegador y evitar los

bordes dentados y los efectos de halo propios del formato GIF. Las principales onjeciones son el tamaño de los ficheros PNG que son mayores que los GIF y los JPEG y que aún no lo soportan todos los navegadores.

GEOTIFF: Estas imágenes llevan un proceso previo a su utilización que incluye el mejoramiento de la misma. Se favorecen los procesos de ortorectificación y georreferenciación al eliminársele a la imagen deformaciones geométricas y ajustárela a un sistema de referencia espacial. Anteriormente este proceso se realizaba generando la imagen resultado y un archivo con los parámetros de dicha imagen. El formato GeoTIFF elimina esta separación entre la imagen y sus parámetros al insertar en el archivo de la imagen un conjunto de etiquetas que contienen los parámetros. La especificación GeoTIFF está hecha sobre la del formato TIFF en su versión 6 y no contradice a la misma. Admite compresión por diferentes métodos e imágenes monocromáticas, en escala de grises y de color verdadero. Además permite tener en un mismo archivo imágenes de menor resolución que representen una vista rápida de las de mayor resolución.

ECW: El formato Enhanced Compression Wavelet (ECW) es un estándar abierto de compresión de imágenes raster que presenta unos ratios muy altos de compresión mediante el uso de técnicas wavelet. Es ampliamente utilizado en geomática en software de procesamiento de imágenes digitales dado que, además de sus ventajas de compresión y rapidez de carga, preserva la georreferenciación de la imagen mediante un archivo de cabecera. Usa Transformaciones Wavelet Discretas (DWT) multi-nivel. Reduce la cantidad de datos de la imagen mediante cuantización, para seguidamente comprimir las imágenes del espacio wavelet. La imagen comprimida ECW se procesa línea a línea directamente a partir de la imagen original. La técnica de compresión ECW puede comprimir imágenes de cualquier tamaño usando un algoritmo recursivo de segmentación que no precisa del uso de almacenamiento en disco mientras se realiza la DWT.

JPEG 2000: Es un formato basado en una norma de compresión de imágenes tipo wavelet (transformación de ondas). Fue creada por el comité Joint Photographic Experts Group que anteriormente había creado el algoritmo JPEG. Su objetivo fue el de mejorar el algoritmo JPEG basándose en una transformación discreta del coseno. Usualmente los archivos con este formato utilizan la extensión .jp2. JPEG 2000 puede trabajar con niveles de compresión mayores a los de JPEG sin incurrir en los principales defectos del formato anterior y con altas tasas de compresión. También se

adapta mejor a la carga progresiva de las imágenes. Sus principales desventajas están en que tiende a difuminar la imagen más que JPEG incluso para un mismo tamaño de archivo,, y que elimina algunos detalles pequeños y texturas, que el formato JPEG normal sí llega a representar. Parte de JPEG 2000 ha sido publicada como una norma ISO, ISO/IEC 15444-1:2000. Actualmente JPEG 2000 no está ampliamente admitido por los programas de visualización de páginas Web. En algunos navegadores, los diseñadores no tienen intención de incluirlo debido a su escaso uso y gran número de patentes que tiene. De todas formas, existen muchas extensiones que dan soporte, que opcionalmente pueden ser instaladas por el usuario. Un navegador con soporte para este formato es Konqueror.

MrSID: Son las siglas de Multi-resolution Seamless Image Database. MrSID se basa en poderosos algoritmos wavelet de codificación y potentes capacidades de descompresión. Está Incluye características como multiresolución, decodificación selectiva, mosaicado y navegación en Internet.

### **2.1.5. Análisis comparativo entre formatos vectorial y raster**

Normalmente un conjunto de trazos, o vectores, se puede agrupar, formando objetos, y crear formas más complejas que permiten el uso de curvas de Bézier, degradados de color, etc. En algunos formatos, como el SWF, las imágenes vectoriales pueden animarse muy fácilmente sin que ello suponga un aumento excesivo en el tamaño del fichero, al contrario de los bitmaps (raster).

#### **Ventajas del Formato Vectorial**

- Un grafico vectorial puede ser escalado, rotado o deformado, sin que ello perjudique en su calidad ni su topología intrínseca
- Un conjunto de objetos vectoriales se pueden agrupar, formando objetos vectoriales más complejos pero que preservan atributos.
- Requieren menor espacio en disco y memoria que un bitmap
- No requieren de gran ancho de banda para ser transmitidas
- La precisión y resolución no se degrada con los acercamientos (zooming). No pierden calidad al ser escalados, rotados o deformados.
- Posibilitan transformaciones matemáticas vectoriales

- Algunos formatos permiten animación.

#### Desventajas del Formato Vectorial

- No son aptos para mostrar fotografías o imágenes

#### Ventajas del Formato Raster

- Posibilita la captura de contexto y texturas
- Puede tratarse con transformaciones y filtros especiales para resaltar determinadas características
- Permite el análisis multibanda
- Facilita el análisis de sobreposición en cualquier punto del gráfico

#### Desventajas del Formato Raster

- Alto requerimiento de espacios en disco y memoria
- Alto requerimiento de ancho de banda
- Se degrada con los acercamientos

## 2.2. Corrección radiométrica

La distorsión radiométrica es un error que impacta el valor de radiancia de un elemento de la escena (píxel). Se produce debido a múltiples factores incluyendo el hecho que la señal viaja a través de la atmósfera, la iluminación del sol no es uniforme, cambios estacionales, fallas del sensor o ruido en el sistema.

Los análisis multi-espectrales, multi-temporales y multi-sensoriales requieren de imágenes corregidas y homogeneizadas entre sí, para propósitos comparativos. Como ejemplo la imagen izquierda en la Fig. 2.2 fue adquirida en total oscuridad mediante una cámara sensitiva a la banda infrarroja lejana (térmica). El parámetro que se captura es la temperatura. La imagen izquierda de la Fig. 2.2 no es muy definida porque las radiancias asignadas a la mayoría de los píxeles son muy bajas y están demasiado concentradas en las bajas temperaturas (baja radiancia); por otro lado el radiador del vehículo esta a muy alta temperatura por lo que se ve prácticamente blanco, o en saturación.

El histograma de esta imagen se muestra en Fig. 2.1, en donde se aprecia que los fondos, humano, y radiador, tienen valores de radiancia razonablemente separados.

Es posible incrementar el contraste en el fondo y en el radiador a expensas de todo el resto, inclusive la figura humana.

En la imagen derecha de la Fig. 2.2 se ve el resultado de esto. Se declara que los píxeles de mínimo valor, el fondo, tendrán un contraste relativo de 12. Similarmente a los píxeles de mayor radiancia, el radiador, se les asigna un contraste relativo de 6. A la figura humana se le asigna un contraste relativo de 1, con una transición en escalera entre las regiones. Estos valores han sido tomados heurística mente.

La transformación de escala de grises resultante de esta estrategia se muestra en Fig. 2.1(c), etiquetada como 'manual'. Se encuentra tomando la suma corrida, o integral discreta, de la curva en (b), y luego normalizando de manera que se tenga un valor de 255 en el extremo derecho. El contraste en cualquier píxel es igual a la pendiente de la transformación de salida. Esto es, buscamos que (b) sea la derivada (pendiente) de (c). Esto significa que (c) debe ser la integral de (b).

Pasando la imagen izquierda de Fig. 2.2 a través de esta transformada determinada manualmente produce la imagen derecha Fig. 2.2. El fondo aparece más claro, el radiador más oscuro, y ambos tienen un mejor contraste. Estas mejoras son a expensas del contraste de la figura humana.

La transformación de escala de grises puede mejorar significativamente la visibilidad de una imagen. El problema es que requieren de un esfuerzo de prueba y error considerable. La ecualización de histograma es una forma de automatizar este procedimiento. Notar que el histograma en (a) y la curva de ponderación de contraste en (b) tienen la misma forma general.

La ecualización por histograma generalmente usa ciegamente el histograma como la curva de ponderación de contraste, dejando de lado el razonamiento humano. Esto es la transformada de salida se encuentra integrando y normalizando el histograma, en vez de utilizar ponderaciones manuales lo que resulta en un mayor contraste sobre los valores que concentran el mayor número de píxeles.

La ecualización por histograma es un procedimiento matemático interesante porque maximiza la entropía de la imagen, una medida de la cantidad de información que es transmitida por un número fijo de bits.

La limitación del enfoque de ecualización por histograma es que se basa sólo en el número crudo de píxeles a un cierto valor dejando de lado la importancia de los píxeles en ese valor. Por ejemplo el radiador del vehículo y el intruso humano son las

características más prominentes en la Fig. 2.2. A pesar de ello la ecualización por histograma ignoraría casi completamente estos objetos simplemente porque contienen relativamente pocos píxeles. La ecualización por histograma es rápida y sencilla pero si no es eficaz siempre se puede mejorar con una curva generada inteligentemente. [6]

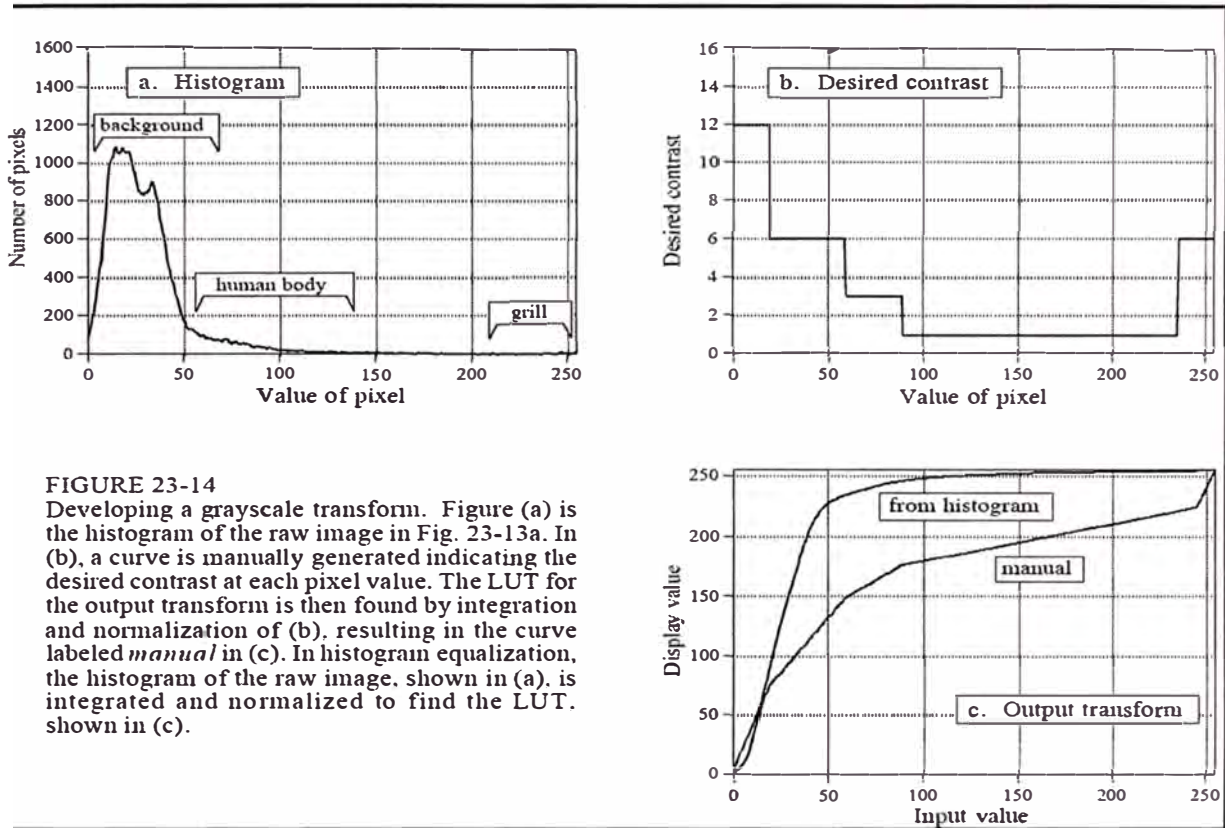


FIGURE 23-14

Developing a grayscale transform. Figure (a) is the histogram of the raw image in Fig. 23-13a. In (b), a curve is manually generated indicating the desired contrast at each pixel value. The LUT for the output transform is then found by integration and normalization of (b), resulting in the curve labeled *manual* in (c). In histogram equalization, the histogram of the raw image, shown in (a), is integrated and normalized to find the LUT, shown in (c).

Fig. 2.1 Desarrollo de una transformada de escala

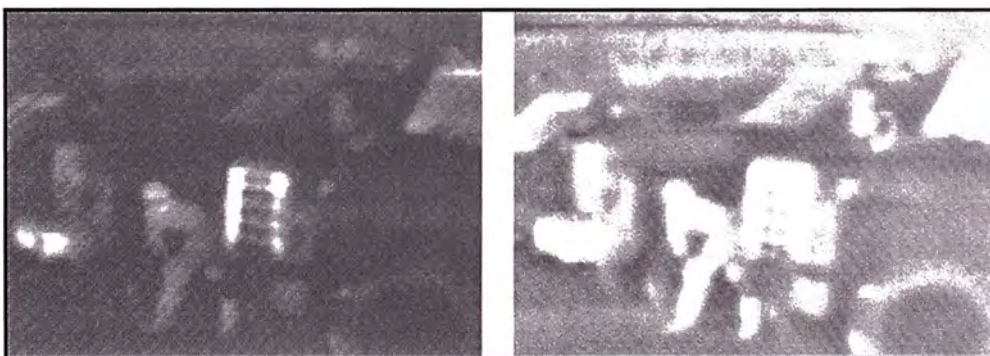


Fig. 2.2 Aplicación de la transformada de escala desarrollada



## 2.3. Filtrado espacial

Filtrado espacial es la operación que se aplica a imágenes ráster para realzar o suprimir detalles espaciales con el fin de mejorar la interpretación visual. Ejemplos comunes incluyen aplicar filtros para mejorar los detalles de bordes en imágenes, o para reducir o eliminar patrones de ruido. Filtrado espacial es una operación "local" de procesamiento de imagen en el sentido de que modifica el valor de cada píxel de acuerdo con los valores de los píxeles que lo rodean; se trata de transformar los niveles digitales de radiancia (ND) originales de tal forma que se parezcan o diferencien más de los correspondientes a los píxeles cercanos. [7]

### 2.3.1. Frecuencia espacial

Una característica común a todos los tipos de datos ráster es la llamada "frecuencia espacial", que define la magnitud de cambios de los datos por unidad de distancia en una determinada zona de la imagen. Áreas de la imagen con pequeños cambios o con transiciones graduales en los valores de los datos se denominan áreas de bajas frecuencias (como por ejemplo la superficie de una masa de agua en reposo). Áreas de grandes cambios o rápidas transiciones se conocen como áreas de altas frecuencias (por ejemplo suelo urbano con densas redes de carreteras). Así, los filtros espaciales se pueden dividir en categorías.

### 2.3.2. Filtros pasa bajos

Enfatizan las bajas frecuencias, suavizando las imágenes y suprimiendo ruidos. Se trata de asemejar el ND de cada píxel al ND de los píxeles vecinos, reduciendo la variabilidad espacial de la imagen. Ello produce un emborronamiento de los bordes, perdiéndose en nitidez visual de la imagen, pero ganando en homogeneidad.

Ejemplo de un kernel de filtro pasa-bajo:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Con esta máscara se realiza la media aritmética de los píxeles que componen la ventana de filtrado, lo que se reduce los espurios y la variabilidad de la imagen.

Otro tipo de filtro pasa-bajo es el que aplica la mediana en vez de la media. Es el llamado filtro de mediana, y presenta la ventaja de que como medida estadística, la mediana es menos sensible a valores extremadamente desviados y se modifican

menos los valores originales, ya que la mediana es en principio, uno de los valores concretos de la ventana de filtrado.

### 2.3.3. Filtros pasa altos

Enfatizan las altas frecuencias, para mejorar o afilar las características lineales como carreteras, fallas, o límites en general. Realizan por tanto el efecto contrario a los filtros pasa-bajos, eliminando estas bajas frecuencias.

Ejemplo de un kernel de filtro pasa-alto:

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Otra forma de obtener una imagen así filtrada es sustraer a la imagen original, la misma imagen filtrada pasa-bajos. Es lógico ya que si a la imagen le restamos los componentes de baja frecuencia, nos quedaremos con las de alta frecuencia.

### 2.3.4. Filtros detectores de bordes

Realizan otro tipo de operaciones con los datos, pero siempre con el resultado de enfatizar los bordes que rodean a un objeto en una imagen, para hacerlo más fácil de analizar. Estos filtros típicamente crean una imagen con fondo gris y líneas blancas y negras rodeando los bordes de los objetos y características de la imagen.

### 2.3.5. Filtro Roberts

Emplea la diferenciación como método para calcular el grado de separación entre niveles de grises vecinos. Concretamente, y para realizar una diferenciación bidimensional, se efectúa la operación:

$$g(x, y) = |f(x, y) - f(x + 1, y + 1)| + |f(x, y + 1) - f(x + 1, y)|$$

### 2.3.6. Filtro Sobel

Este filtro implementa la siguiente operación:

$$g(x, y) = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$$

donde:

$$\alpha = (A_2 + 2A_3 + A_4) - (A_0 + 2A_7 + A_6)$$

$$\beta = (A_0 + 2A_1 + A_2) - (A_6 + 2A_5 + A_4)$$

Siendo  $A_i$  los píxeles de la ventana en las posiciones:

$$\begin{pmatrix} A_0 & A_1 & A_2 \\ A_7 & g(x, y) & A_3 \\ A_6 & A_5 & A_4 \end{pmatrix}$$

### 2.3.7. Filtro Laplaciano

Este filtro calcula la segunda derivada, que a partir de la expresión del operador Laplaciano podemos aproximar:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \approx f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4(f(x, y))$$

Lo que es lo mismo que usar el kernel:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

### 2.3.8. Filtro direccional

Seleccionando adecuadamente los valores del kernel, podemos obtener el efecto de extraer bordes en una determinada dirección, mientras que los bordes en el resto de direcciones no se ven tan resaltados.

### 2.3.9. Kernels de convolución

El filtrado espacial se realiza trasladando una matriz rectangular de dos dimensiones (también llamada ventana) que contiene "pesos" o ponderaciones sobre la imagen en cada localización de píxel. Se evalúa el píxel central de la ventana de acuerdo con los píxeles de alrededor y sus valores de ponderación. Cuando un nuevo valor es así calculado, se desplaza la ventana sobre el siguiente píxel, realizando la misma operación. Este proceso de evaluar la vecindad ponderada del píxel se denomina "convolución bidimensional", y a la matriz de filtro se le conoce como "kernel de convolución".

## 2.4. Filtrado en frecuencia

En el dominio frecuencial también puede realizarse el proceso de filtrado, con mayor grado de comprensión de lo que estamos viendo, ya que en una imagen en el dominio frecuencial se sabe dónde se encuentran los distintos rangos de frecuencias. De esta forma, en vez de realizar la convolución, se efectúa su operación correspondiente en el dominio frecuencial: el producto. Luego con la operación:

$$G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v)$$

Donde:  $F(u,v)$  es la imagen en frecuencia, el único problema es la correcta especificación de  $H(u,v)$  dependiendo del tipo de filtro que queramos aplicar:

Vemos que los resultados son iguales que con el filtrado en el dominio espacial (convolución) pero en este caso estamos trabajando con otras variables y manejando conceptos diferentes.

Es destacable que, aunque en el ejemplo las líneas oblicuas del filtro hagan ver un filtro ideal (corte perfecto entre zona que pasa y zona que no pasa), esto en realidad no se usa nunca ya que produce un molesto efecto de anillamiento (un filtro de ese tipo no es realizable). Por ello se efectúa algún tipo de transición suavizada entre las dos zonas. Esa transición puede ser de tipo exponencial, trapezoidal, o butterworth, que no representan sino distintas modelizaciones de la transición suave.

## 2.5. Filtros morfológicos

Morfología matemática es un método no lineal de procesar imágenes digitales basándose en la forma. Su principal objetivo es la cuantificación de estructuras geométricas. Aquí los filtros también vienen definidos por su kernel, pero no es un kernel de convolución sino un elemento estructurante.

### 2.5.1. Dilatación

Este operador es comúnmente conocido como 'relleno', 'expansión' o 'crecimiento'. Puede ser usado para rellenar 'huecos' de tamaño igual o menor que el elemento estructurante con la que se opera la dilatación.

Usado con imágenes binarias, donde cada píxel es 1 ó 0, la dilatación es similar a la convolución. Sobre cada píxel de la imagen se superpone el origen del elemento estructurante. Si el píxel de la imagen no es cero, cada píxel que cae en la estructura es añadido al resultado aplicando el operador 'or'.

Con la notación:

$$A \oplus B$$

representando la dilatación de una imagen A por un elemento estructurante B, se puede escribir:

$$C = A \oplus B = \bigcup_{b \in B} (A)_b$$

Donde  $(A)_b$  representa la traslación de A por b. Intuitivamente, para cada elemento no cero  $b_{i,j}$  de B, A es trasladado  $i,j$  y sumado a C usando el operador 'or'.

### 2.5.2. Erosión

La erosión es lo opuesto a la dilatación; realiza con el fondo lo que la dilatación al primer plano. También en este caso, existe un elemento estructurante que se utiliza para operar con la imagen. Los efectos son de 'encogimiento', 'contracción', o 'reducción'. Puede ser utilizado para eliminar islas menores en tamaño que el elemento estructurante.

Sobre cada píxel de la imagen se superpone el origen del elemento estructurante. Si cada elemento no cero de dicho elemento está contenido en la imagen, entonces el píxel de salida es puesto a 1. Haciendo  $A \otimes B$  como representación de la erosión de una imagen A por el elemento estructurante B, se como representación de la erosión de una imagen A por el elemento estructurante B, se puede definir:

$$C = A \otimes B = \bigcap_{b \in B} (A)_{-b}$$

donde  $(A)_{-b}$  representa la traslación de A por b. B puede ser visto como una 'sonda' que se desliza a lo largo de toda la imagen A, testando la naturaleza espacial de A en cada punto. Si B trasladado  $i,j$  puede ser contenido en A (poniendo el origen de B en  $i,j$ ), entonces  $i,j$  pertenece a la erosión de A por B.

### 2.5.3. Apertura (opening) y cierre (closing)

La 'apertura' (opening) de una imagen B por un elemento estructurante K, se define como:

$$(B \otimes K) \oplus K$$

El 'cierre' (closing) de la imagen B por elemento estructurante K se define como:

$$(B \oplus K) \otimes K$$

El resultado de aplicar iterativamente dilataciones y erosiones es la eliminación del detalle específico en la imagen menor que el elemento estructurante, sin la distorsión geométrica global de características no suprimidas. Por ejemplo, 'abrir' una imagen con una estructura en disco, suaviza los contornos, rompe istmos y elimina pequeñas islas, picos y cabos. 'Cerrar' una imagen con un elemento estructurante en forma de disco, elimina pequeños agujeros y rellena brechas en los contornos.

## 2.6. Filtros de textura

Muchas imágenes contienen regiones caracterizadas por variaciones del nivel de gris, más que por un valor único de grises. La 'textura' se refiere precisamente a la variación espacial del nivel de gris de una imagen como función de escala espacial. Para que los píxeles de una determinada área puedan ser definidos como texturalmente diferentes, sus niveles de gris deben ser más homogéneos como unidad que áreas de diferente textura.

De todas formas, el concepto de textura es bastante intuitivo. Es tan difícil definirlo como calcularlo. Mientras que el nivel de gris de un píxel está perfectamente definido y localizado, la textura es más elusiva. La definición que se ha dado es buena, pero a la vez vaga. De todas formas no hay ninguna mejor, y los filtros que se describen a continuación sirven de aproximación para trabajar con esta característica.

### 2.6.1. Filtro de recorrido

También llamados 'de rango'. Este filtro sustituye el valor central de la ventana de procesamiento por la diferencia entre el valor máximo y mínimo (el recorrido, estadísticamente hablando) de los píxeles contenidos en esa ventana. El recorrido será un valor pequeño para zonas 'planas' o texturalmente uniformes, y será alto en zonas de alta variabilidad. El tamaño de la ventana debe ser suficientemente grande como para incluir un número suficiente de puntos, según la escala a la que queramos trabajar, esto significa que debe ser mayor que el tamaño de cualquier pequeño detalle que pueda estar presente. El resultado es una imagen donde el valor de cada punto representa la textura, y diferentes regiones pueden ser distinguidas por diferentes niveles de gris.

## 2.6.2. Filtro RMS

Filtro de textura que calcula primero la varianza de valores de la ventana, y sustituye el central por el valor cuadrático medio (RMS) de píxeles de la ventana de proceso.

## 2.6.3. Operadores de momento

El primer y segundo momento son simples medidas de textura utilizando los 'momentos' del histograma de la ventana de proceso. El primer momento es una medida del contraste de la ventana, y el segundo una medida de la homogeneidad de ella. Las imágenes resultantes pueden escalarse para crear una imagen que discrimina entre varias texturas.

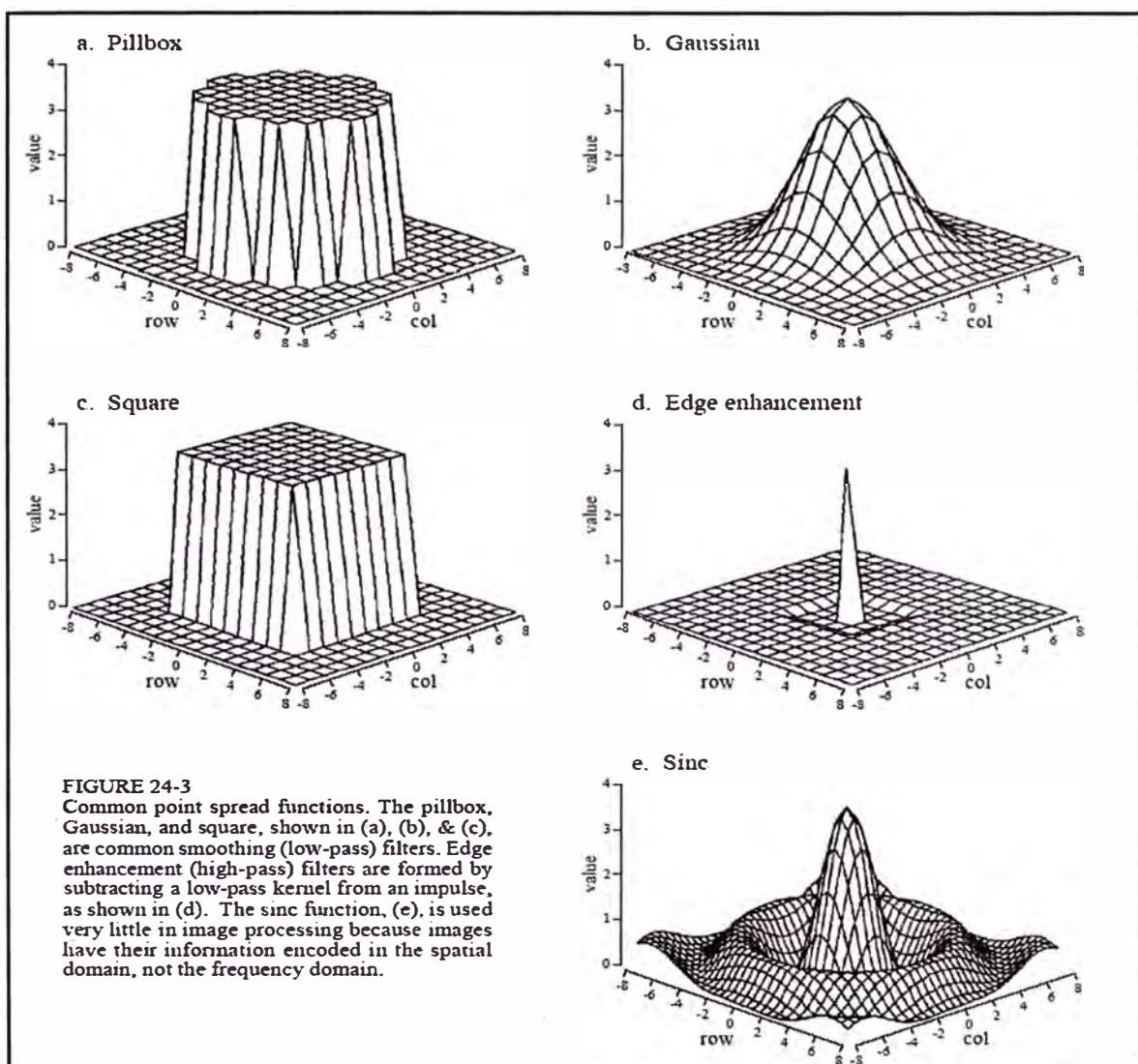


Fig. 2.3 Funciones para el Filtrado de Imágenes

## 2.7. Aplicación de filtros

En el cuadro se muestra el efecto de filtrado de bordes 3X3. La imagen original (a) viene de un escaner Rayos-X usado para revisión de equipaje en un aeropuerto. El resultado de la operación de corrimiento y sustracción mostrado en (b) proporciona un efecto 3D. Las operaciones de detección de bordes en (c) remueven todo el contraste dejando solamente la información de bordes. El filtro de mejoramiento de bordes, (d), añade varias transformaciones de las imágenes (a) y (c) determinadas por el parámetro  $k$ . En este caso se usó  $k = 2$ . [8]

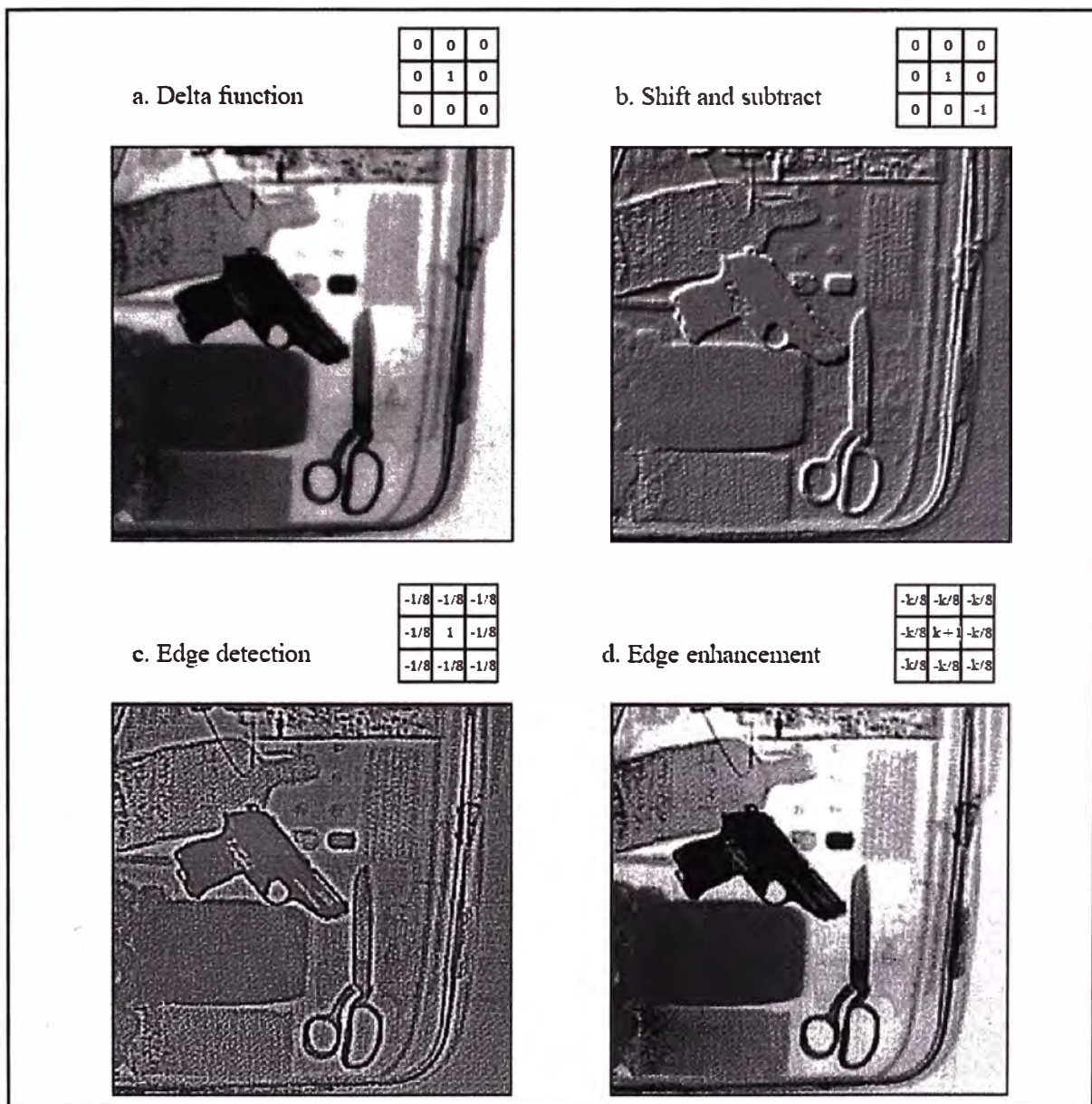


Fig. 2.4 Aplicación de Filtros



consiste en buscar un conjunto de transformadas afines que describan aproximadamente la imagen. Jacquin propone considerar las imágenes como una colección de transformaciones afines de pequeños dominios de imagen.

Barnsley sugiere que las imágenes sean almacenadas como una colección de transformadas, cuyo número determina la tasa de compresión.

La compresión fractal es una técnica en desarrollo. Los nuevos avances se centran en las diferentes formas de implementar un algoritmo de compresión, que permita obtener altas tasas de compresión con una calidad de imagen determinada y un tiempo de procesado aceptable.

### **2.8.3. Métodos sin pérdida de información (Leésosles)**

Los métodos de compresión se pueden agrupar en dos grandes clases: métodos de compresión sin pérdida de información (lossless) y métodos con pérdida de información (lossy)

Los métodos de compresión sin pérdida de información (lossless) se caracterizan porque la tasa de compresión que proporcionan está limitada por la entropía (redundancia de datos) de la señal original. Entre estas técnicas destacan las que emplean métodos estadísticos, basados en la teoría de Shannon, que permite la compresión sin pérdida. Por ejemplo: codificación de Huffman, codificación aritmética y Lempel-Ziv. Son métodos idóneos para la compresión dura de archivos.

### **2.8.4. Métodos con pérdida de información (Lossy)**

Los métodos de compresión con pérdida de información (lossy) logran alcanzar unas tasas de compresión más elevadas a costa de sufrir una pérdida de información sobre la imagen original. Por ejemplo: JPEG, compresión fractal, EZW, SPIHT, etc. Para la compresión de imágenes se emplean métodos lossy, ya que se busca alcanzar una tasa de compresión considerable, pero que se adapte a la calidad deseada que la aplicación exige sobre la imagen objeto de compresión.

### **2.8.5. JPEG**

El JPEG (Joint Photographic Experts Group) es el método de compresión más utilizado actualmente para la compresión de imágenes con pérdida. Este método utiliza la transformada discreta del coseno (DCT), que se calcula empleando números enteros, por lo que se aprovecha de algoritmos de computación veloces. El JPEG consigue una compresión ajustable a la calidad de la imagen que se desea reconstruir.

## **2.8. Compresión de imágenes**

### **2.8.1. Definiciones**

Existe diferencia entre información y datos, aunque en muchas ocasiones se utilizan como sinónimos. Los datos son una forma de representar la información; así, una misma información puede ser representada por distintas formas y volúmenes de datos. En muchos casos representaciones de la misma información contienen datos redundantes. [9]

La compresión de datos se define como el proceso de reducir la cantidad de datos suficientes para representar eficazmente una información, es decir, la eliminación de datos redundantes. En el caso de las imágenes, existen tres maneras de reducir el número de datos redundantes: eliminar código redundante, eliminar píxeles redundantes y eliminar redundancia visual.

El código de una imagen representa el cuerpo de la información mediante un conjunto de símbolos. La eliminación del código redundante consiste en utilizar el menor número de símbolos para representar la información. Las técnicas de compresión por codificación de Huffman y codificación aritmética utilizan cálculos estadísticos para lograr eliminar este tipo de redundancia y reducir la ocupación original de los datos.

La mayoría de las imágenes presentan semejanzas o correlaciones entre sus píxeles. Estas correlaciones se deben a la existencia de estructuras similares en las imágenes, puesto que no son completamente aleatorias. De esta manera, el valor de un píxel puede emplearse para predecir el de sus vecinos. Las técnicas de compresión Lempel-ZIV implementan algoritmos basados en sustituciones para lograr la eliminación de esta redundancia.

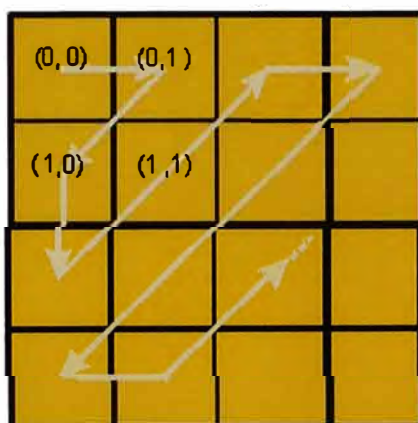
El ojo humano responde con diferente sensibilidad a la información visual que recibe. La información a la que es menos sensible se puede descartar sin afectar a la percepción de la imagen. Se suprime así lo que se conoce como redundancia visual. La eliminación de la redundancia está relacionada con la cuantificación de la información, lo que conlleva una pérdida de información irreversible. Técnicas de compresión como JPEG, EZW o SPIHT hacen uso de la cuantificación.

### **2.8.2. Compresión fractal**

La aplicación de técnicas fractales para la compresión de imágenes digitales fue introducida por Michael Barnsley y Arnaud Jacquin en 1988 [10]. La compresión

**Transformada Discreta Del Coseno:** La imagen de entrada es dividida en bloques de  $N \times N$  píxeles. El tamaño del bloque se escoge considerando los requisitos de compresión y la calidad de la imagen. En general, a medida que el tamaño del bloque es mayor, la relación de compresión también resulta mayor. Esto se debe a que se utilizan más píxeles para eliminar las redundancias. Pero al aumentar demasiado el tamaño del bloque la suposición de que las características de la imagen se conservan constantes no se cumple, y ocurren algunas degradaciones de la imagen, como bordes sin definir. Los resultados en la experimentación han demostrado que el tamaño del bloque más conveniente es de  $8 \times 8$  píxeles.

**Cuantificación:** Los coeficientes de la transformada son cuantificados en base a un nivel de umbral para obtener el mayor número de ceros posibles. Para la cuantificación se utiliza una matriz de normalización estándar, y se redondean los resultados a números enteros. Este es el proceso donde se produce la pérdida de información. El paso siguiente consiste en reordenar en zig-zag la matriz de coeficientes cuantificados.



**Fig. 2.5 Recorrido en zig-zag de la matriz de coeficientes cuantificados**

Codificando con longitud variable los coeficientes, la imagen se puede comprimir aún más. El codificador más utilizado es el algoritmo de Huffman, que se encarga de transmitir los coeficientes ordenados. Una razón para utilizar el codificador de Huffman es que es fácil de implementar. Para comprimir los símbolos de los datos, el codificador de Huffman crea códigos más cortos para símbolos que se repiten frecuentemente y códigos más largos para símbolos que ocurren con menor frecuencia.

### **2.8.6. Ondeletas (wavelets)**

Las wavelets son funciones definidas sobre un intervalo finito y con valor medio cero. La idea básica de la transformada wavelet es representar arbitrariamente una función como superposición de un conjunto de wavelets o funciones básicas. Estas wavelets se obtienen a partir de una wavelet prototipo denominada wavelet madre, mediante dilataciones, escalados y traslaciones. Se pueden aplicar a todo tipo de problemas sobre el procesado de la señal: eliminación de ruidos, sismología, música, criminología y visión, entre otras. A menudo, las wavelets se utilizan como alternativa al análisis de Fourier. Por ejemplo, en la base de datos de huellas digitales del FBI, las wavelets reemplazan la técnica de Fourier con JPEG.

### **2.8.7. Transformada de ondeletas (wavelets) discreta**

La transformada wavelet discreta (DWT) se emplea para obtener una nueva representación de la imagen, más apropiada para el proceso de compresión.

El cálculo de la transformada wavelet para todas las posibles escalas supone una gran cantidad de información. Escoger solo aquellas escalas y posiciones que resulten interesantes para ciertos estudios es una tarea difícil. Si se escogen aquellas escalas y posiciones basadas en potencias de dos, los resultados serán más eficaces. Este análisis se denomina DWT.

Para muchas señales la información más importante se encuentra en las frecuencias bajas, mientras que en las altas frecuencias se encuentran los detalles o matices de la señal. Por ejemplo, en el caso de la voz humana, si eliminamos los componentes con altas frecuencias, la voz suena diferente pero se sigue entendiendo su mensaje. En cambio, si lo que se elimina son las componentes de bajas frecuencias, el mensaje se vuelve irreconocible. Por eso el análisis wavelet permite descomponer la señal en aproximaciones y detalles, a éste proceso se le conoce con el nombre de análisis. Este filtrado nos proporciona el doble de datos de los que son necesarios, este problema se soluciona con la operación de downsampling

El proceso de reconstrucción, también denominado síntesis, se encarga de la obtención de la señal a partir de los detalles y aproximaciones. Éste proceso se lleva a cabo con la transformada wavelet discreta inversa.

La DWT aplicada a imágenes proporciona una matriz de coeficientes, conocidos como coeficientes wavelet. Si a una imagen le aplicamos la DWT obtenemos cuatro tipos de coeficientes: aproximaciones, detalles horizontales, detalles verticales y detalles

diagonales. La aproximación contiene la mayor parte de la energía de la imagen, es decir, la información más importante, mientras que los detalles tienen valores próximos a cero.

La elección de las wavelets analizadoras juega un papel muy importante en los resultados finales. Entre las características más importantes a tener en cuenta se encuentran: soporte compacto, simetría, etc. Las wavelets biortogonales son las más eficientes para un posterior proceso de compresión, y en particular, aquellas con pocos coeficientes, ya que el coste de obtención de los coeficientes se incrementa con su número.

**Organización de los Coeficientes Wavelet:** Generalmente, la energía de las imágenes se concentra en las frecuencias bajas. Una imagen tiene un espectro que se reduce con el incremento de las frecuencias. Estas propiedades de las imágenes quedan reflejadas en la transformada wavelet discreta de la imagen. Los niveles más bajos de compresión se corresponden con las bandas de alta frecuencia. En particular, el primer nivel representa la banda de más alta frecuencia y el nivel más fino de resolución. A la inversa, el último nivel (n) de descomposición corresponde con la banda de frecuencia más baja y la resolución más tosca. Así, al desplazarse de los niveles más altos a los más bajos, o sea, de baja resolución a alta resolución, se observa una disminución de la energía contenida en las sub-bandas recorridas.

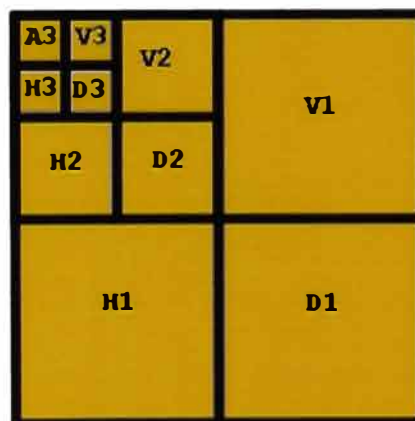


Fig. 2.6 Esquema de la organización de los coeficientes wavelet

Si los coeficientes wavelet obtenidos por medio de la transformada wavelet discreta (DWT) para un nivel concreto poseen pequeñas magnitudes (valores próximos a cero),

se espera que esos coeficientes wavelet estén en los primeros niveles de descomposición. El aumento del nivel de descomposición wavelet produce unos coeficientes con mayores magnitudes. Adicionalmente, se puede comprobar como existen similitudes espaciales a través de las sub'bandas.

#### **2.8.8. EZW (Embedded Zero-Tree Wavelet)**

El método de compresión EZW fue propuesto por Shapiro en 1993. Este método de compresión se aprovecha de las propiedades aportadas por la DWT para obtener unos resultados satisfactorios en la compresión. El EZW es sensible a la significancia del grupo de bits transmitidos. Además, consigue altas tasas de compresión con unas buenas calidades en las imágenes reconstruidas.

#### **2.8.9. SPIHT (Set Partitioning In Hierarchical Trees)**

El SPIHT representa el comienzo de una nueva generación de codificadores wavelet que emplean un código sofisticado. Este método de compresión ha sido creado por A. Said, W. A. Pearlman, profesores del Instituto Politécnico Rensselaer y miembros del CIPR (Center for Image Processing Research).

El método de compresión Set Partitioning In Hierarchical Trees no es una simple ampliación de los métodos tradicionales de compresión, sino que representa un gran avance en este campo. El SPIHT se aprovecha de las ventajas aportadas por la utilización de las wavelets. Al igual que el EZW permite la transmisión progresiva de la información por orden de bits más significativos, y también logra imágenes con una gran calidad y altas tasas de compresión.

Tradicionalmente el principal impedimento para obtener un alto nivel de compresión en imágenes se encuentra en la codificación de la información. Actualmente existen métodos que obtienen un rendimiento óptimo, pero a costa de algoritmos de una complejidad computacional elevada. Por contra, el algoritmo SPIHT de Said y Pearlman obtiene resultados similares con una complejidad baja. El tipo de codificación que realiza se basa en la clasificación por orden de bits significativos, resultando ser un método efectivo y económico en el uso de recursos.

**Árboles Jerárquicos** El SPIHT ofrece una nueva y mejor implementación del EZW basada en la utilización de conjuntos de datos organizados en árboles jerárquicos, es

decir, el SPIHT tiene en cuenta la significancia de la descendencia del coeficiente que codifica.

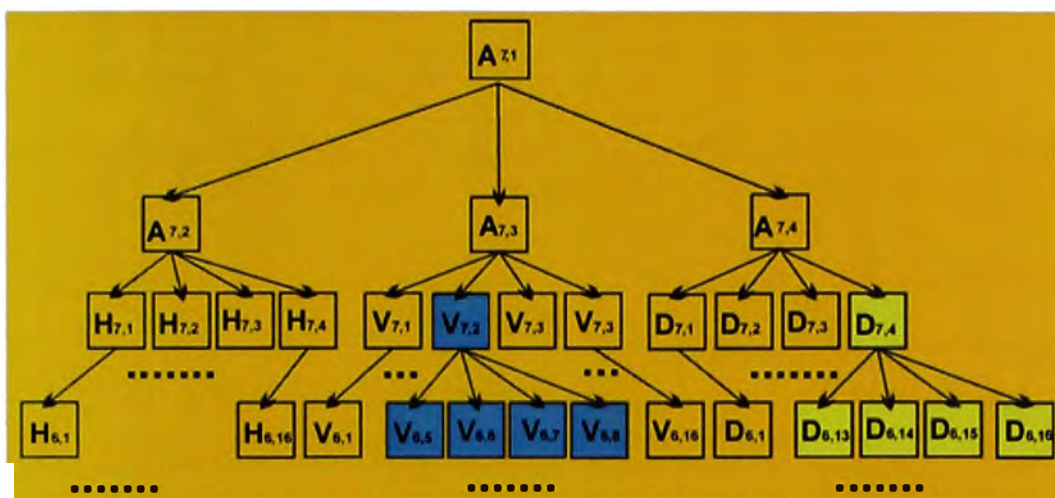


Fig. 2.7 Coeficientes wavelet organizados en árboles jerárquicos.

Al igual que el EZW, el SPIHT transforma mediante la DWT la imagen a comprimir, y organiza los coeficientes wavelet resultantes en árboles de orientación espacial.

**Cuantificación:** Los coeficientes wavelet obtenidos mediante la transformada wavelet discreta son valores reales, que se convertirán a enteros mediante una cuantificación. Además, la representación interna del ordenador exige un número finito de bits por coeficiente, lo que supone una cuantificación fina. Hay que escoger el método más eficaz de cuantificación ya que en este proceso se pierde parte de la información.

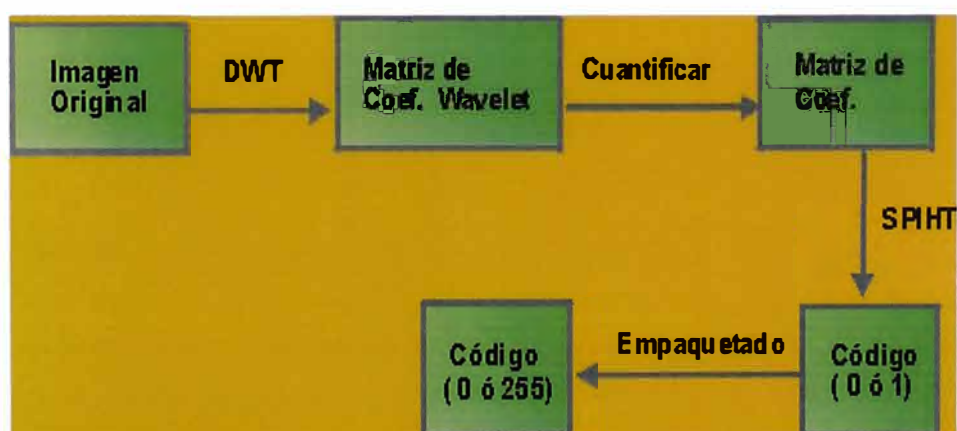


Fig. 2.8 Esquema del Método de Compresión SPIHT

**Codificación:** El primer paso para la codificación consiste en la creación de un mapa de significancia por cada umbral de estudio. Dicho mapa contendrá información sobre si un coeficiente está dentro del umbral de estudio o no. El mapa de significancia se obtiene empleando los árboles de orientación espacial (relación de herencia entre los coeficientes wavelet) y transmitiendo la significancia de hijos a padres.

El primer umbral viene determinado por el bit más significativo del coeficiente mayor en valor absoluto. En las etapas sucesivas basta con decrementar este umbral de uno en uno.

El siguiente paso consiste en la transmisión de bits significativos mediante dos operaciones de ordenación y refinamiento.

Para la implementación del algoritmo se usan tres listas: lista de píxeles no significativos (LIP), lista de píxeles significativos (LSP) y lista de coordenadas no significativas (LIS). Al final de cada paso de ordenación, LSP contiene las coordenadas de todos los píxeles significativos para el umbral  $n$  correspondiente. Como se puede comprobar, también incluye los coeficientes hallados en pasos anteriores. Las entradas de LIS son coordenadas de píxeles junto con una marca de tipo A o B. La marca es de tipo A cuando representa a todos sus descendientes y de tipo B cuando representa a todos los descendientes a partir de los nietos.

**Inicialización:** En el paso de inicialización  $n$  (el umbral inicial) toma el valor más próximo a una potencia de dos, obtenido de la matriz de coeficientes (el mayor coeficiente en valor absoluto). LSP está vacía, LIP toma las coordenadas de los píxeles de nivel más alto y LIS las coordenadas de los píxeles raíz como tipo A.

**Ordenación:** La ordenación consiste en verificar si cada entrada de tipo A en LIP es o no significativa para el  $n$  actual. Si lo es se transmite un uno, además del signo del píxel, para luego mover sus coordenadas a LSP. Si no es significativo se transmite un cero. A continuación se comprueba la significancia de la descendencia de cada entrada de LIS. Si no se halla una significancia se transmite un cero, en caso contrario un uno y, de nuevo, se comprueba la significancia de cada miembro de su descendencia. Si lo es se añade a LSP a la vez que se transmite su signo, y si no, se añade a LIP y se transmite un cero. Si ese píxel dispone de más descendientes (nietos en adelante), se colocan sus coordenadas al final de LIS y se marca como tipo B. Por el contrario, si la entrada LIS es de tipo B, se comprueba si tiene descendientes significativos a partir de los nietos (incluidos). Si se confirma se transmite un uno y se añaden sus coordenadas



correspondientes al final de LIS marcadas como tipo A. En el caso contrario se transmite un cero y se eliminan sus coordenadas de LIS.

Las entradas añadidas a LIS no se tienen en cuenta en la etapa posterior de refinamiento.

**Refinamiento:** El refinamiento consiste en evaluar los componentes de LSP introducidos en las pasadas anteriores, enviando el enésimo bit más significativo. Por último se decrementa el umbral en uno y se vuelve al paso de ordenación. El ciclo se repite hasta alcanzar el umbral cero (incluido).

**Empaquetado:** El resultado del algoritmo consiste en un vector compuesto por ceros y unos, que serán empaquetados y almacenados en un fichero con extensión RAW. El número de elementos de este mapa determina el factor de compresión proporcionado por el algoritmo para la imagen dada

**Calidad de las Imágenes:** Las imágenes reconstruidas tras ser sometidas a un proceso de compresión con el SPIHT son de una calidad extraordinaria (alto PSNR), superior a las comprimidas usando JPEG con la misma tasa de compresión. La calidad de las imágenes es uno de los objetivos más importantes a tener en cuenta, ya que en las imágenes médicas una simple pérdida de información puede acarrear serios problemas en los diagnósticos.

**Altas Tasas de Compresión:** La tasa de compresión está muy relacionada con la calidad de la imagen. Si se busca una tasa de compresión muy elevada se obtiene a costa de perder calidad en la imagen, luego, se debe llegar a un compromiso entre estos dos factores.

El método de compresión SPIHT ofrece altas tasas de compresión con unas calidades para las imágenes aceptables, en comparación con las obtenidas por otros métodos de compresión como el JPEG.

**Transmisión Progresiva:** Una de las ventajas que ofrece el SPIHT es la transmisión óptima: durante la visualización progresiva de la imagen, se ofrece la mejor representación teniendo en cuenta el número de bits disponibles en cada momento. Esto resulta muy útil en aplicaciones que exigen una rápida inspección de la imagen.

Mediante este método de compresión se obtiene un código muy optimizado, conocido con el nombre de Embedded Coding. La información de la imagen comprimida está almacenada por orden de importancia creciente. Dados dos archivos con información

sobre una misma imagen comprimida a diferentes tasas de compresión, se garantiza que la información del fichero más pequeño está contenida en los primeros bits del fichero de mayor tamaño.

Por ejemplo, si tres usuarios necesitan una misma imagen, pero con distintas calidades, usando JPEG sería necesario realizar tres compresiones distintas, una por cada usuario. En cambio, con el método SPIHT, bastaría con realizar una única compresión, y transmitir a cada usuario solamente el número de bits que se ajuste a sus necesidades. Con ello se logra reducir el tiempo de procesado y el espacio de almacenamiento.

Esta nueva cualidad del SPIHT se puede combinar con la transmisión progresiva. Así, el usuario puede cortar la transmisión de la imagen en el momento en el que alcanza la calidad deseada, consiguiendo reducir el tiempo de espera.

**Localización del Error:** En todos los métodos de compresión de imágenes, un error en código comprimido suele causar daños importantes en la imagen reconstruida. El método Huffman tiene gran habilidad para recuperarse después de un error, sin embargo, los métodos basados en 'run-length' reflejan todo error producido. El SPIHT no es una excepción. Ahora bien, esto permite localizar más fácilmente el error. Con embedded coding la información está ordenada de acuerdo a su importancia y, por tanto, requiere un mayor control del error al principio que al final del código comprimido. Si se detecta un error y no se corrige, el decodificador puede desechar todos los datos posteriores, y reconstruir la imagen solamente con los bits recibidos hasta ese momento. Además, con la codificación por planos de bits se puede localizar el error en un plano y prescindir de él.

El SPIHT produce dos tipos de datos. El primero es la información ordenada, la cual debe protegerse contra errores y la segunda es la información acerca del signo y el refinamiento de bits, que no necesita una especial protección.

**Compresión sin pérdida:** El SPIH codifica uno por uno los bits de una imagen de coeficientes wavelet, y lo hace de acuerdo a la secuencia de planos. Sin embargo, la transformada wavelet produce una perfecta reconstrucción sólo si los números almacenados son números con infinita precisión. En la práctica, es posible recuperar la imagen perfecta si después de la recuperación se usa un redondeo, pero esta manera de proceder no es la más eficiente. Para conseguir una compresión sin pérdida se aplica a la imagen original una transformada wavelet multiresolución. Pero surge un

problema de precisión infinita, que se resuelve con un truncado cuidadoso de los coeficientes wavelet.

## 2.9. Organización de datos ráster: estructura piramidal

La técnica de clip-mapping organiza la textura en niveles de detalle con una estructura piramidal, donde cada nivel tiene el doble de resolución que el anterior, siendo el nivel más alto el nivel de más detalle, y siempre potencia de dos. Esta técnica mantiene, si la carga del sistema lo permite, una zona limitada llamada 'Clip Region' a la máxima resolución disponible

Las aplicaciones actuales de bases de datos con requerimiento de manejo del atributo espacial, o de georeferencia, tales como GIS (sistemas de información geográfica), CAD (diseño asistido por ordenador), multimedia [11], e imágenes de sensoramiento remoto (teledetección) imponen importantes exigencias en el acceso y procesamiento eficiente de consultas.

Una imagen relativamente voluminosa puede ser extraída en diferentes niveles de detalle para construir una estructura jerárquica o piramidal. En cada nivel jerárquico la imagen se secciona en segmentos que están conectados lógicamente mediante sus respectivas coordenadas. Luego las imágenes son recuperadas de acuerdo a la demanda, esto es, sólo aquellas áreas de interés para el usuario son combinadas a partir de los segmentos respectivos y transmitidas al lado del cliente. Servidores de imágenes comerciales usan la técnica piramidal para la gestión de imágenes de gran volumen, pero en este caso la pirámide es construida dinámicamente cada vez que se requiere el acceso.

Este enfoque no es apropiado para la WEB por el impacto negativo en el tiempo de respuesta. Por consiguiente es necesaria una estrategia que acomode una pirámide permanente. Asociado a esto se puede usar un método de indexamiento 'hash' para mejorar el rendimiento. [12]

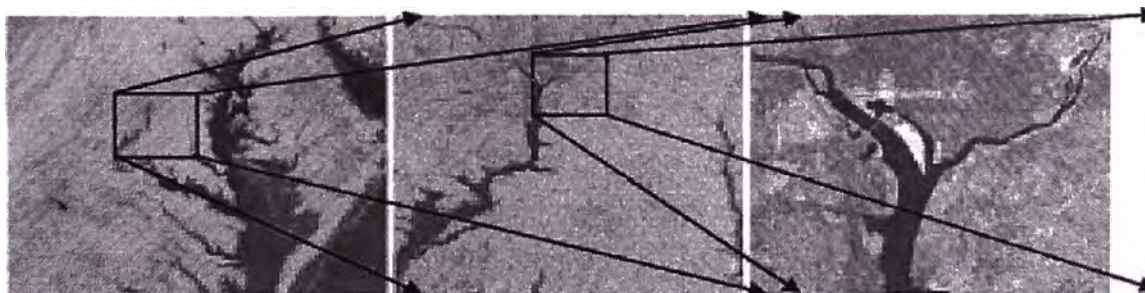
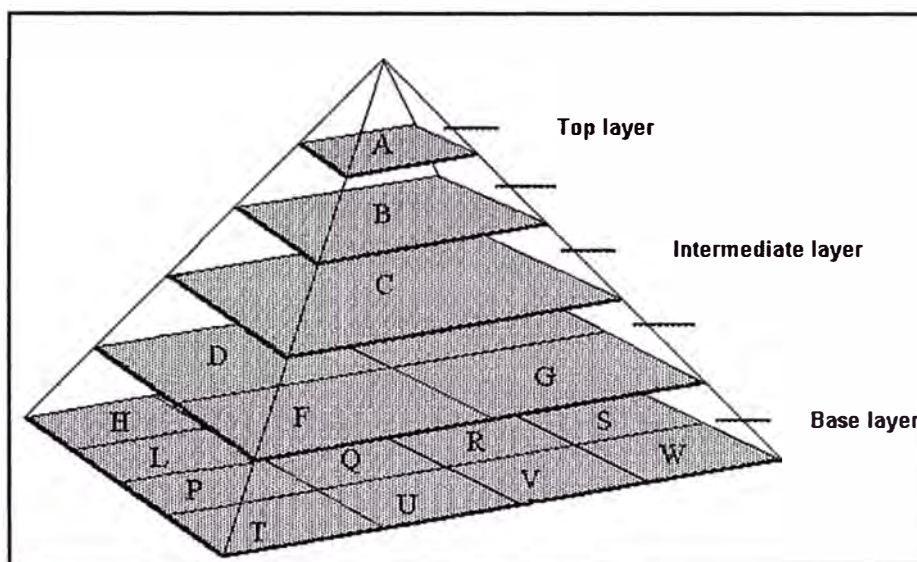


Fig. 2.9 Estructura Piramidal de Imágenes

Una pirámide consiste de imágenes multi-escala que son replicas de la imagen original. Cuando un cliente solicita datos a un escala determinada el servidor buscara los datos al nivel o escala mas adecuada y no necesariamente en el nivel de resolución completa. Por ejemplo en la Fig. 2.9 suponiendo que las tres imágenes están en niveles de escala 1:100 000, 1:20 000, y 1:4000, respectivamente, cuando el cliente solicite una imagen de escala 1: 25 000, el servidor la generará de la imagen 1:20 000 en vez de la imagen original 1:4,000, que es 25 veces mayor.

El uso de esta técnica reduce el tiempo de acceso y de transmisión en un factor cuadrático, lo que es muy importante especialmente en el caso que la diferencia de escala es considerable. En esta técnica los tres parámetros de interés respecto del rendimiento son: determinación del tamaño optimo del corte a ser transmitido sobre la imagen, acceso eficiente a los segmentos de imagen requeridos, y la identificación del número de niveles apropiado para la construcción de la pirámide de datos.



**Fig. 2.10 Niveles de la Estructura Piramidal**

### **2.10. Indexamiento espacial de datos**

Las aplicaciones actuales de bases de datos con requerimiento de manejo del atributo espacial, o de georeferencia, tales como GIS (sistemas de información geográfica), CAD (diseño asistido por ordenador), multimedia, e imágenes de sensoramiento remoto (teledetección) imponen importantes exigencias en el acceso y procesamiento eficiente de consultas.

Un sistema de base de datos espacial es un sistema de base de datos capaz de gestionar información de naturaleza espacial y ofrecer un lenguaje de consulta para su manipulación. Dicha información se representa mediante un modelo de datos espacial.

Uno de los principales objetivos de un sistema de gestión de bases de datos espacial es proporcionar métodos de acceso y algoritmos eficientes para el procesamiento de consultas espaciales. Para aumentar el rendimiento de dicho sistema (tiempo de respuesta y número de accesos a disco) surgen los métodos de acceso.

### **2.10.1. Índices unidimensionales y multidimensionales**

Los índices unidimensionales (estructuras de datos de clave única) más estudiados han sido el B-tree y sus derivados (B+-tree, B\*-tree, etc.). A un grupo de índices derivado del B-tree para gestionar información multidimensional se le conoce con el nombre de familia de R-trees [13] (estructuras de datos arbóreas basadas en rectángulos minimales definidos por dos puntos y con sus caras paralelas a los ejes de coordenadas (MBRs), balanceadas en altura y almacenadas en disco), entre los cuales están el R-tree original, R+-tree, R\*-tree, X-tree, etc.

### **2.10.2. Índices espaciales**

Para aumentar el rendimiento en la recuperación de los objetos espaciales se pueden definir índices espaciales. Dichos índices representan la ubicación de los objetos espaciales que están almacenados en la base de datos. Sin embargo, para simplificar el manejo de dichos índices se suele utilizar algún tipo de aproximación de los objetos espaciales.

El mínimo rectángulo envolvente o MBR (Minimum bounding rectangle) de esos objetos espaciales es la aproximación más utilizada. Dichos MBRs representan la clave de indexación que se utiliza para generar los índices que pertenecen a la familia de R-trees. En particular, el R\*-tree es uno de los métodos de acceso que ha demostrado ser muy eficiente sobre datos espaciales, mejorando notablemente al R-tree original.

El procesamiento eficiente de consultas sobre métodos de acceso espaciales (entre los que se encuentra el R\*-tree) tiene la doble perspectiva de los algoritmos que las implementan y de la optimización de las estructuras de datos que las soportan.

La característica principal que hace de un sistema de base de datos espacial una herramienta potente es su capacidad de procesar datos espaciales, incluso más que la

representación y almacenamiento de los mismos. La forma más eficiente de gestionar dichos datos es responder a consultas relacionadas con propiedades espaciales.

### **2.10.3. Consultas espaciales**

Las consultas espaciales más conocidas son las siguientes:

1. Consulta exacta, que busca un objeto espacial determinado en un conjunto de objetos espaciales
2. Consulta en rango, que busca todos los objetos espaciales que están dentro de una región definida por un rango
3. Consulta del vecino más próximo. Ésta es una consulta espacial que busca, entre un conjunto de objetos espaciales, el objeto espacial más próximo a uno previamente dado. Si generalizamos esta consulta, obtenemos los K objetos más próximos al objeto espacial consultado.
4. Join espacial. Este tipo de consulta tiene como entrada dos o más conjuntos de objetos espaciales y determina pares (o tuplas en el caso de tener más de dos conjuntos) de objetos espaciales que verifican una determinada propiedad espacial. Por ejemplo, el join espacial, que actúa sobre dos conjuntos de objetos espaciales, determina todos los pares de objetos espaciales que se solapan entre ellos.

### **2.10.4. Métodos de acceso multidimensionales (MAM)**

Los métodos de acceso unidimensionales, como el B-tree o sus variantes, o los mecanismos de tipo hashing, se muestran incapaces de dar una respuesta eficiente al requerimiento de grandes volúmenes de datos combinado con la necesidad de incluir el soporte a una alta dimensionalidad, por ejemplo, multitemporalidad. Las necesidades actuales exigen estructuras de almacenamiento que sean capaces de responder eficientemente a consultas, por múltiples atributos, sin necesidad de que haya una preferencia en el orden de los mismos, consultas en rango o consultas de proximidad.

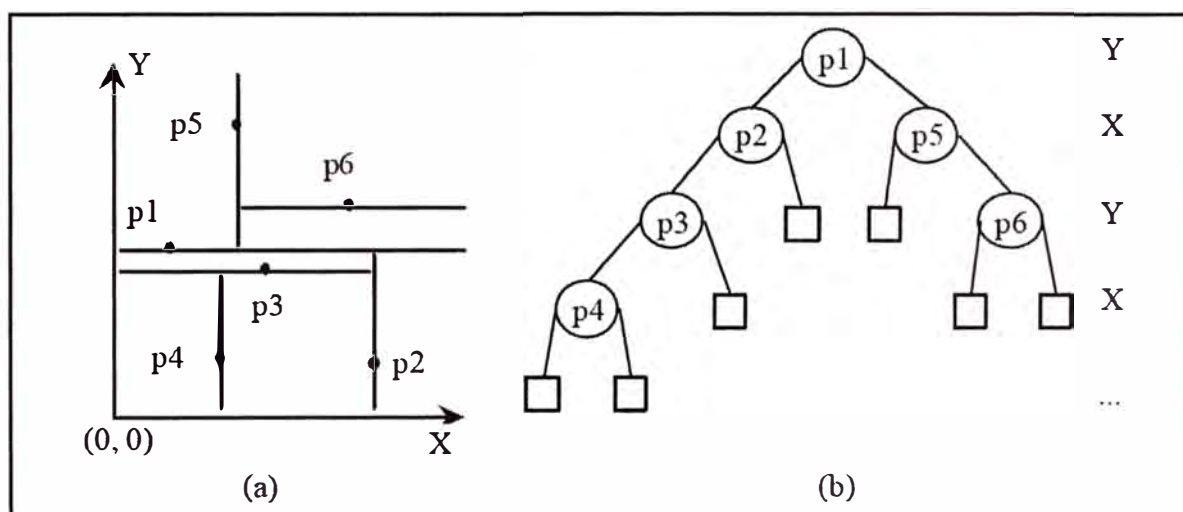
Es deseable que los métodos de acceso cumplan con requerimientos de simplicidad, independencia del orden de entrada y distribución de los datos, escalabilidad, soporte de un amplio rango de operaciones, uso eficiente del espacio de almacenamiento, tiempo de acceso y respuesta razonable, capacidad para el almacenamiento en memoria secundaria, acceso concurrente y mecanismos de recuperación, y fácil

integración en un sistema de base de datos tradicional con impacto mínimo en el resto del sistema.

Todos los métodos de acceso multidimensionales tienen en común el considerar o bien tuplas (registros), o bien objetos caracterizados en el espacio multidimensional, donde cada atributo (campo) que se desee indexar se corresponde con una dimensión.

Además, la estructura de datos se construye mediante divisiones recursivas de este espacio multidimensional, hasta obtener subespacios (mutuamente disjuntos o no) con un número de tuplas (u objetos) tal que permita poder almacenarlas en una página de datos.

Los diferentes mecanismos para realizar estas divisiones del espacio y la implementación de los mismos dan lugar a distintos métodos de acceso multidimensionales.



**Fig. 2.11 Ejemplo de un k-d-tree (orden de inserción: p1, p2, p3, p4, p5)**

Dada la gran cantidad de estructuras de acceso multidimensionales existentes, las vamos a clasificar por grupos con características comunes y describiendo brevemente las más representativas de cada grupo.

La primera clasificación que realizamos presenta como resultado dos grandes grupos:

1. Métodos de acceso que representan las divisiones del espacio mediante una estructura que debe mantenerse en memoria principal para obtener un mecanismo eficiente, y

2. Métodos de acceso que paginan la estructura que representa la división del espacio, de tal manera que puede almacenarse en memoria secundaria.

#### **2.10.5. MAM basado en memoria principal**

Las primeras estructuras multidimensionales que surgieron están pensadas para almacenarse en memoria principal. Este requerimiento las hace inservibles en muchas aplicaciones donde el volumen de datos hace necesario utilizar memoria secundaria. Sin embargo, la importancia de estas estructuras radica en haber sido las primeras en considerar la posibilidad de indexación multidimensional y, de hecho, las ideas que sustentan han sido la base para el desarrollo de casi todas las estructuras posteriores. Una de las estructuras de datos más representativas es el k-d-tree, que es un método de acceso que divide el espacio multidimensional de manera sucesiva en partes cada vez más pequeñas, de forma muy similar a como los árboles binarios dividen el espacio unidimensional.

Por ejemplo, en la Figura 2.11 se muestra un conjunto de puntos en el espacio bidimensional y su representación en un k-d-tree. Cada línea corresponde a un nodo del árbol cuya capacidad se ha establecido en uno. Cada valor del nodo del k-d-tree divide el espacio en dos según una determinada dimensión. La división se realiza fijando una dimensión en el nodo raíz (Y), siguiendo con otra dimensión (X) en los nodos del nivel siguiente, y así sucesivamente, cambiando de dimensión de manera cíclica. (a) (b)

Otra estructura de datos muy conocida que pertenece a esta categoría es el Quadtree (árbol cuádruple) [14] donde cada nodo del árbol está asociado a una región cuadrada del espacio, por lo que la división recursiva de dicho espacio se hace en base a cuadrantes de igual tamaño.

El BD-tree que presenta como novedad la identificación de regiones mediante secuencias de bits.

#### **2.10.6. Métodos de acceso basados en almacenamiento secundario**

En este caso las estructuras de datos (archivos) que les dan soporte están paginadas. Inicialmente, distinguimos entre métodos de acceso a puntos (MAP), que se basan en considerar las tuplas como puntos en el espacio, y métodos de acceso espacial (MAE) que consideran no sólo puntos sino objetos en su extensión espacial.



Los métodos de acceso a puntos, sin embargo, como explican sus diseñadores, pueden utilizarse también para direccionar objetos espaciales realizando una transformación, ya sea usando el centro del objeto, los vértices o alguna otra característica.

Entre todos los métodos, independientemente de que sean MAP o MAE, se pueden a su vez observar aspectos en común y diferencias generales que permiten de algún modo clasificarlos, principalmente respecto a las características de las regiones a las que da lugar la división del espacio.

En la Tabla 2.1 se puede observar una clasificación general de los métodos de acceso basados en almacenamiento secundario más importantes.

**Tabla 2.1** Clasificación métodos de acceso - base en almacenamiento secundario

Métodos de Acceso a Puntos (MAP)			Métodos de Acceso Espaciales (MAE)	
Hashing	Jerárquicos	Híbridos	Baja Dimensionalidad	Alta Dimensionalidad
Grid File [NHS84]	k-d-B-tree [Rob81]	Bang File [Fre87]	R-tree [Gut84]	TV-tree [LJF94]
Excell [Tam82]	LSD-tree [HSW89]	Buddy-tree [SeK90]	R*-tree [BKS <sup>+</sup> 90]	X-tree [BKK96]
Two-Level Grid File [Hin85]	hB-tree [LoS90]		P-tree [Jag90]	SS-tree [WhJ96]
Twin Grid File [HSW88]	Q-tree [Bar96]			SR-tree [KaS97]
	BV-tree [Fre95]			Pyramid-tree [BBK98]
				IQ-tree [BBJ <sup>-</sup> 00]
				A-tree [SYU <sup>+</sup> 00]

### 2.10.7. Métodos de acceso a puntos

Algunos de los métodos de acceso que se presentan están basados en la utilización de funciones de dispersión de registros (hashing) y otros están más próximos a estructuras arbóreas (jerárquicas). También hay otros métodos que toman ideas de ambos mecanismos (híbridos).

### 2.10.8. Métodos de acceso basados en dispersión (hashing)

Los métodos de este tipo no han resultado muy adecuados a las necesidades multidimensionales, principalmente porque todos ellos sufren, en mayor o menor grado, el crecimiento superlineal del denominado directorio y las dificultades para paginarlo.

El método más conocido es el Grid File que representa la división del espacio mediante una rejilla de  $k$  dimensiones, cuyas celdas no siempre tienen el mismo tamaño. Esta estructura está formada por las *páginas de datos* (almacenadas en disco), el *directorio* (compuesto por las celdas  $k$ -dimensionales, permitiendo relacionar las celdas con las páginas de datos), y las *escalas* (mantienen información de las divisiones que se han realizado del espacio en cada dimensión).

Mientras las páginas de datos y el directorio se mantienen en memoria secundaria, las escalas deberían estar en memoria principal para garantizar un rendimiento óptimo sobre consultas con varias claves de búsquedas.

Las variantes del Grid File, Two-level Grid File, y Twin Grid File pretenden solucionar los problemas planteados por esta estructura de acceso, pero no lo consiguen totalmente o incluso provocan otros nuevos.

### 2.10.9. Métodos de acceso jerárquicos

La mayoría de estos métodos de acceso están basados en el  $k$ -d-tree. Su principal característica es que su estructura está representada por un árbol, sea éste binario o no.

Éstos organizan los puntos en una serie de regiones. Generalmente cada región corresponde a una página de datos que está almacenada en disco como una hoja del árbol. Los nodos internos del árbol permiten guiar los procesos de búsqueda de arriba hacia abajo en la estructura. Las operaciones de actualización del árbol, en general, se realizan de manera similar a como se hacen en un B-tree.

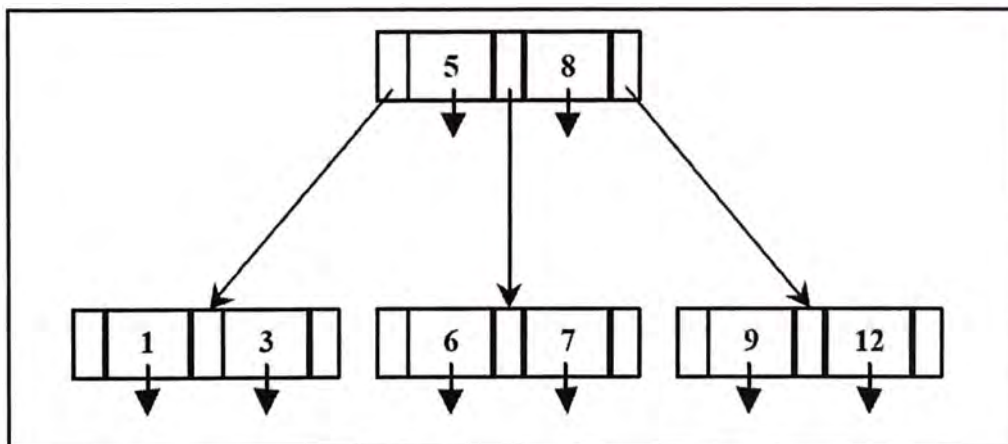


Fig. 2.12 Ejemplo de un B-tree (orden de inserción: 8, 5, 1, 7, 3, 12, 9, 8)

Por ejemplo, en la Figura 2.2 tenemos un B-tree, en el que todos los valores de búsqueda aparecen sólo una vez, dividiendo el espacio unidimensional en varias partes según el orden del árbol. Tanto la inserción como el borrado requieren primero un proceso de búsqueda en el árbol hasta llegar al nivel más bajo. Si el elemento a insertar no cabe en la página correspondiente, se procederá a la división, lo que hace que haya que modificar la información en el nivel inmediatamente superior, que también puede desbordarse y así el proceso de división puede propagarse hacia arriba en el árbol.

El mecanismo de división de las páginas de índice y los problemas que pueden producirse derivados del mismo es lo que distingue básicamente a los distintos métodos. En este sentido, hB-tree soluciona los problemas pendientes del K-D-B-tree y LSD-tree [HSW89], proponiendo un mecanismo de división más sofisticado.

El Q-tree, usando las ideas básicas del hB-tree, consigue una estructura más homogénea aunque no puede garantizar una ocupación mínima de las páginas en todas las situaciones.

Una estructura ligeramente diferente es el BV-tree, que no es realmente un método de acceso concreto, sino que representa un intento de generalizar las características del B-tree al caso multidimensional, proponiendo una serie de conceptos que pueden ser aplicados a otros métodos de acceso multidimensionales.

#### **2.10.10. Métodos de acceso híbridos**

Presentan características propias de métodos basados en hashing pero a la vez utilizan una estructura arbórea como base para la representación de la información.

El más representativo es el Bang File. Este método realiza la división del espacio en intervalos regulares de la misma forma que un Grid File, pero representa el directorio mediante una estructura arbórea balanceada. En realidad, la filosofía de división y representación de regiones es muy similar a la del BD-tree.

El Buddy-tree es un esquema basado en hashing dinámico con un directorio estructurado en forma de árbol. El árbol se construye por inserción consecutiva de elementos en él, dividiendo recursivamente el espacio en dos partes de igual tamaño con hiperplanos en la misma orientación.

### 2.10.11. Métodos de acceso espaciales

La mayoría de los métodos tradicionales de este tipo no fueron ideados para ser usados con más de 3 dimensiones y sólo recientemente han surgido estructuras pensadas para una alta dimensionalidad. Por ello, los métodos de acceso espaciales van a ser aquellos métodos de acceso diseñados principalmente para almacenar objetos geométricos.

La característica común que presentan estos métodos de acceso es que agrupan los objetos en regiones minimales, es decir, ajustadas a los objetos. Ahora bien, las características de estas regiones difieren de unos métodos a otros, principalmente en lo que se refiere a su forma y a la relación que mantienen las que pertenecen al mismo nivel.

Este último criterio nos permite clasificar los métodos en cuatro grupos:

1. aquellos que transforman los objetos en una representación diferente (mapeándolos en un punto de dimensión mayor o transformándolos en un conjunto de intervalos unidimensionales según curvas de llenado del espacio);
2. los que representan el espacio mediante regiones solapadas;
3. los que lo representan mediante regiones disjuntas; y,
4. los que lo representan en múltiples capas, que en realidad es una extensión del primero.

La estructura pionera es el R-tree que ha servido de base a otros muchos métodos que surgieron al tratar de mejorar algunos aspectos del mismo. Ésta es una estructura arbórea multidimensional balanceada en altura que representa una jerarquía de regiones rectangulares minimales (MBRs). Es decir, los R-trees son estructuras de datos arbóreas balanceadas en altura muy parecidas a los B-trees; sin embargo, en lugar de rangos de valores se asocian MBRs con cada nodo del árbol.

Cada nodo del R-tree corresponde a una página de datos. En los nodos hoja están almacenados un identificador para cada objeto y el MBR que lo contiene, y los nodos internos representan una sucesión de regiones rectangulares minimales, cada una de las cuales controla un nodo en el nivel inferior. Las regiones del mismo nivel pueden solaparse y su unión no necesariamente cubre el universo completo.

El árbol está balanceado en altura y se garantiza una ocupación mínima de los nodos. En años posteriores han surgido muchas variantes de esta estructura y se le ha dotado de concurrencia mediante los mismos mecanismos usados en los B-trees.

Todos los métodos que manejan regiones solapadas, R-tree, R\*-tree, P-tree, etc., tienen el problema de que una búsqueda exacta puede tener que seguir varios caminos, aunque en algunas estructuras como el R\*-tree, el solape ha disminuido mucho pero el proceso de inserción resulta más complejo y costoso.

Los métodos que manejan regiones disjuntas, R+-tree y Cell-tree, tienen que resolver el problema de la redundancia en el almacenamiento de objetos y de evitar el solape cuando algunas regiones deben ser expandidas durante el proceso de inserción.

En general, todos los métodos de acceso de este tipo, excepto el Cell-tree, manejan regiones minimales por lo que nuevas inserciones de objetos pueden producir actualizaciones en los límites de las regiones, aún cuando no haya desbordamiento de páginas.

En los últimos años han surgido métodos de acceso basados en las ideas del R-tree pero pensados para grandes dimensiones. Tal es el caso del TV-tree, X-tree, SStree, SR-tree, Pyramid-tree, etc.

Además, algunos presentan como novedad la forma de las regiones, que ya no es rectangular: el SS-tree maneja regiones esféricas, el SR-tree utiliza esferas y MBRs, y el Pyramid-tree gestiona pirámides.

Muy recientemente se han presentado trabajos como el IQ-tree y el A-tree. El IQ-tree es un índice comprimido con una estructura de datos a tres niveles. El primer nivel almacena la representación exacta de los MBRs; el segundo nivel lo denominan *páginas de datos comprimidas*, que contienen puntos de forma comprimida; y el tercer nivel guarda la representación exacta de los datos.

El A-tree (Approximation tree) es un índice arbóreo para la búsqueda por cercanía en espacios de datos multidimensionales y que utiliza para la representación de los MBRs y de los objetos, una aproximación relativa de sus MBRs ancestros denominada VBR (Virtual Bounding Rectangle)

### 2.10.12. Árboles R k-dimensionales

Los R-trees son estructuras de datos arbóreas multidimensionales basadas en MBRs, y balanceadas en altura. Éstas se utilizan para la organización dinámica de un conjunto de objetos  $k$ -dimensionales representados por sus MBRs  $k$ -dimensionales.

Como hemos mencionado anteriormente, los métodos de acceso diseñados para almacenar objetos geométricos caracterizados por su mínima envolvente se les denomina métodos de Métodos de acceso espaciales basados en MBRs.

**Tabla 2.2** Clasificación de métodos de acceso R-tree k-dimensional

Nombre	Antecedente	Región	Reinserción	Características
R-tree [Gut84]	B-tree	MBRs Solapados	No	Varios criterios para la división. Búsquedas por varios caminos.
Hilbert R-tree [KaF94]	R-tree	MBRs Solapados	Sí	El criterio de división se basa en los valores de la curva de Hilbert asociado a los centros de los objetos.
R*-tree [BKS <sup>+</sup> 90]	R-tree	MBRs Solapados	Sí	Minimizar el solape entre los MBRs que forman un nodo. Coste adicional de la reinserción antes de realizar la división.
R <sup>+</sup> -tree [SRF87]	R-tree	MBRs Disjuntos	No	Redundancia de objetos. División en cascada. No garantiza páginas llenas.
X-tree [BKK96]	R-tree	MBRs Solapados	No	La estructura no es homogénea, puesto que puede haber nodos de gran tamaño (supernodos). El criterio de división depende del solape y de la historia de la división en una determinada dimensión.
TV-tree [LJF94]	R-tree	Esferas solapadas con dimensión reducida	Sí	El criterio de inserción está condicionado al número de regiones solapadas, al número de dimensiones inactivas y al radio de la región.
SS-tree [WhJ96]	R-tree	Esferas Solapadas	Sí	La estructura es compleja y el criterio de inserción depende de la proximidad al centro de la esfera. Las búsquedas pueden necesitar seguir varios caminos.
SR-tree [KaS97]	R-tree	MBRs y esferas solapados	Sí	Existe solapamiento, pero menor que para el SS-tree.

# **CAPITULO III**

## **TRANSMISIÓN Y DESPLIEGUE DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA**

### **3.1. Técnicas de pre-búsqueda y almacenamiento intermedio**

Las técnicas de pre-búsqueda (pre-fetching) y de almacenamiento intermedio (caching) pueden mejorar sustancialmente el rendimiento del acceso y transmisión de imágenes.

#### **3.1.1. Pre-Búsqueda (prefetching)**

Pre-búsqueda (pre-fetching) se refiere a la obtención de la data del caché adelantándose al requerimiento explícito, ya que se predice que esos datos se requerirán en corto tiempo.

En la pre-búsqueda el navegador Web solicita ciertos objetos antes de que el usuario los pida aprovechando los tiempos muertos de proceso y/o navegación. Si la pre-búsqueda es exitosa (hit) se ahorra tiempo de espera al usuario, y si no (miss) se derrochan recursos del servidor, del cliente y de la red. Por tanto es necesario trabajar con algoritmos de predicción lo más efectivos posible que pueden ser de diversos tipo: basados en popularidad, modelos de Markov, por estructura de la Web, por correlación parcial (Partial Matching), o data mining.

En el caso de data georeferenciada puede haber correlaciones de proximidad geográfica entre los datos que son usados en secuencia aunque a veces el requerimiento puede ser más bien aleatorio, o siguiendo otra lógica, haciendo que la pre-búsqueda sea ineficiente.

Los datos en caché se colocan allí luego de ser usados y por lo tanto se usan por lo menos un vez, mientras que los datos pre-buscados no necesariamente se llegan a usar.

### 3.1.2. Productos WEB con funciones de pre-búsqueda

Entre los productos WEB con funciones de pre-búsqueda están: Mozilla, PeakJet 2000, NetAccelerator, NPS, Google, Yahoo

### 3.1.3. Algoritmos de predicción

Entre los algoritmos de predicción se tiene:

- Padmanabhan y Mogul
  - Basado en un modelo de Markov
  - Dos objetos están más relacionados cuanto más frecuentemente se solicite uno después del otro
  - Dentro de una ventana de accesos del cliente construye un grafo de dependencias
  - Cada sesión de navegación tiene asociada una ventana de últimos accesos
  - Parámetros:
    - tamaño de la ventana de últimos accesos del usuario  $\leq 3$
    - umbral de probabilidad de los hints = 0.8
    - máximo número de hints = 1
  
- Algoritmo de predicción de Palpanas y Mendelzon
  - Basado en Prediction by Partial Matching
  - Construye un árbol conforme recibe peticiones
  - Mantiene una lista de contextos para cada sesión de navegación
  - Proporciona hints considerando el árbol y la lista de contextos
  - Parámetros:
    - máximo orden del árbol  $< 5$
    - mínimo orden de los hints  $> 0$
    - umbral de probabilidad de los hints = 0.8
    - reducción del umbral = 0.1
    - máximo número de hints = 1

### 3.1.4. Secuencia predicción – pre-búsqueda



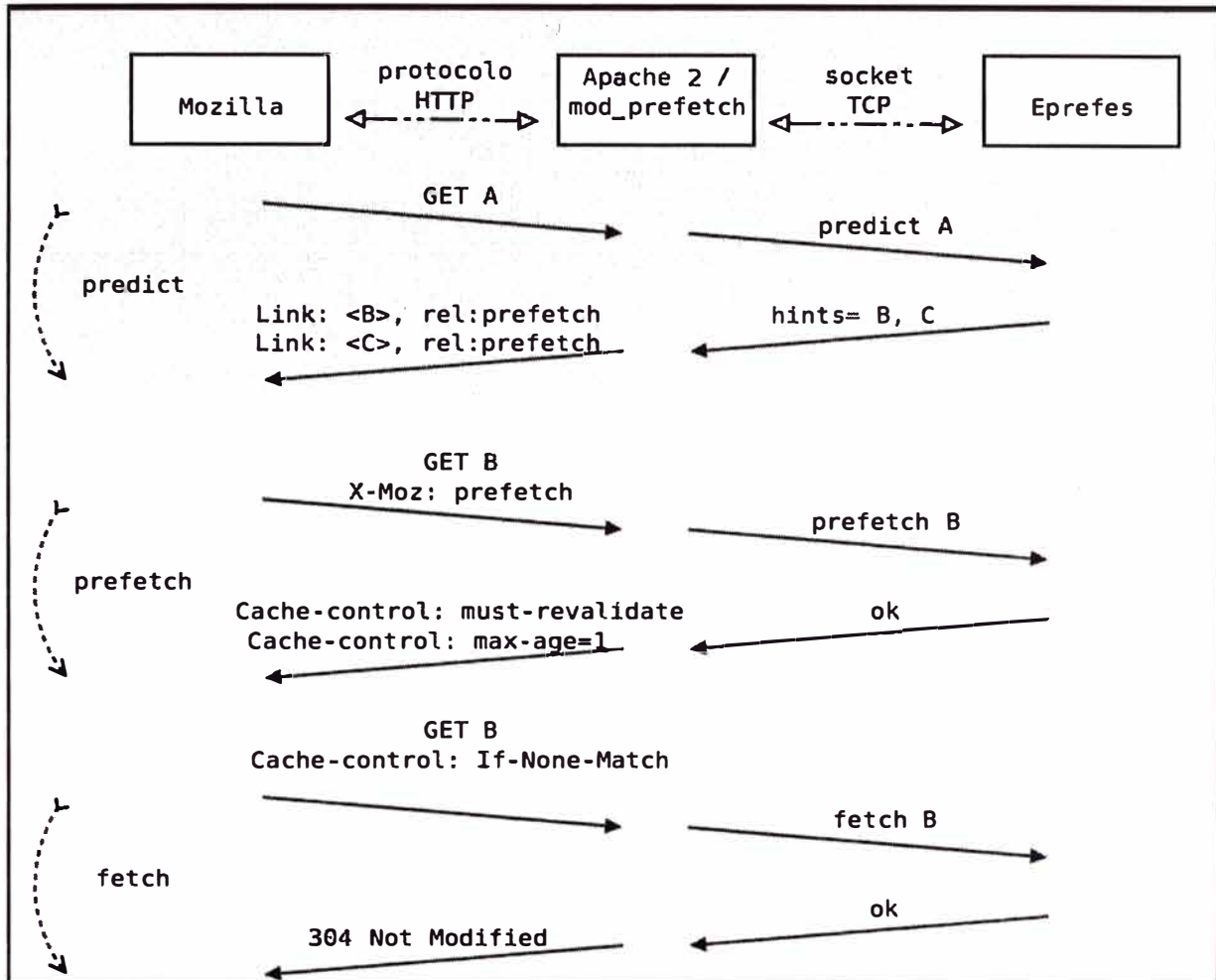


Fig. 3.1 Secuencia Predicción – Pre-búsqueda

### 3.1.5. Almacenamiento Intermedio (caching)

'Caché' deriva del vocablo francés "cacher" que significa ocultar. Caching implica mantener datos cargados en una memoria rápida de manera que aunque no estén explícitamente visibles, estén disponibles para cuando se necesite.

El caching en un entorno WebGIS [15] puede ser usado, no solo para optimizar la transmisión de data, sino también para almacenar metadata, balancear data entre el cliente y el servidor y almacenar capas de atributos relacionados a la data georeferenciada.

El sistema de caching se basa en la probabilidad de que clientes diferentes cargarán la misma información. Esto amerita realizar copias a las que los clientes acceden contra un recurso local llamado caché. Este sistema tiene como ventaja el hecho de que los cachés pueden formar una infraestructura compartida que funciona para todos los

servidores de 'streaming' y que los cachés pueden ser distribuidos en forma incremental.

### 3.1.6. Replicación de contenido (mirroring)

La replicación de contenido es una técnica que mejora la escalabilidad y se realiza mediante almacenamiento intermedio (caching) o espejado de datos (mirroring).

Sus ventajas son:

- Reducir el consumo de ancho de banda
- Reducir carga a los servidores de streaming
- Reducir latencia contra los clientes
- Aumentar la disponibilidad

El mirroring realiza copias en varios equipos diseminados en la Internet de forma que el cliente pueda traer datos tanto del servidor original como de los servidores duplicados. Las ventajas del mirroring son que los contenidos están duplicados y el distribuidor puede ver los logs de acceso para conocer sus clientes. Por otro lado el sistema es generalmente caro y consumidor de recursos así como complejo

### 3.1.7. Solicitud dinámica de datos

Conforme vemos en la Fig 3.2, cuando se realiza una solicitud el cliente WEB examinará primero si los datos requeridos se encuentran ya en el lado del cliente. Por tanto el requerimiento será enviado al servidor solamente si los datos no se encuentran ya en el cliente.

En un esquema de caching con solicitudes dinámicas se necesita considerar:

1. qué contenido es el debe acumularse en el caché, y,
2. por cuánto tiempo

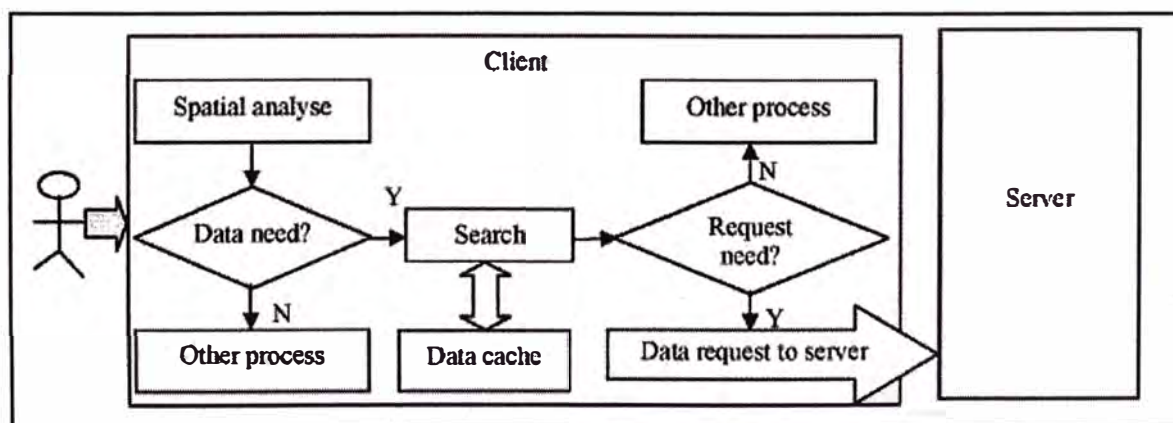


Fig. 3.2. Caché y Solicitud Dinámica de Datos

En general, respecto de información geográfica, capas básicas de uso general, como, por ejemplo, los vectores de delimitación política del país, deben ser siempre ubicados en el caché como data estática. Debe cargarse solamente una vez. El Administrador del Sistema puede participar en configurar los criterios relativos al caching para aplicativos y entornos específicos.

Cuando son muchos los usuarios concurrentes del sistema se debe también colocar data de uso frecuente en el RAM del lado del servidor a fin de reducir el tiempo de acceso desde los dispositivos permanentes cada vez que se tenga un requerimiento.

### **3.1.8. Almacenamiento intermedio cooperativo**

Un sistema en que se maneja los archivos caché individuales de un cluster de manera conjunta ofreciéndose soporte para un caché integrado a nivel de todo el cluster.

### **3.1.9. Almacenamiento intermedio exclusivo**

Una técnica que previene que se almacenen copias múltiples del mismo block de disco en los diversos cachés del mismo sistema o entre los cachés distribuidos de un cluster.

### **3.1.10. Almacenamiento intermedio semántico**

Se refiere a objetos en los mapas que son accedidos individualmente desde el caché en lugar de caching tradicional el cual trata a todo el mapa como un ítem del caché. El caching semántico requiere un modelo de mapa orientado a objeto.

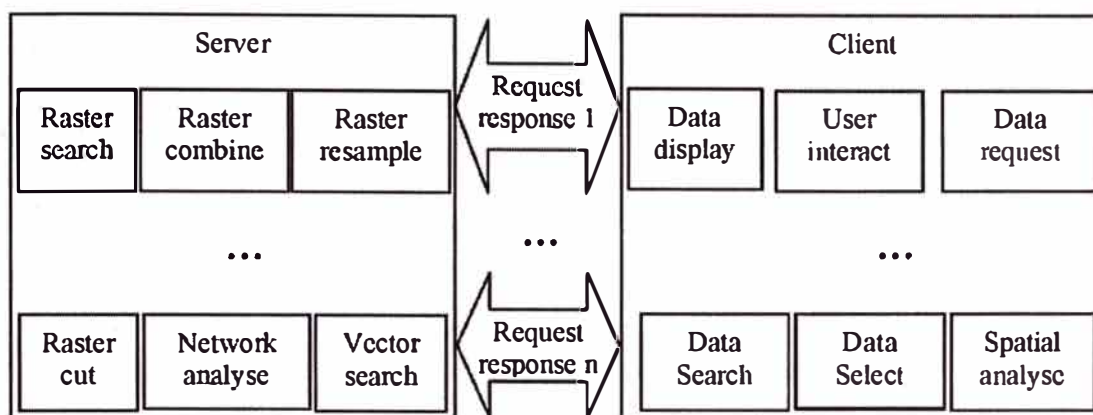
## **3.2. Agrupamiento e hilado múltiple de ejecución**

### **3.2.1. Proceso de solicitud de cliente en entorno GIS Web**

Los sistemas GIS (Geographic Information Systems) incluyen muchas funciones complejas. A fin de implementar e integrar estas funciones en ambientes distribuidos se pueden usar tecnologías de componentes como Common Object Request Broker Architecture (CORBA) and Component Object Model (COM).

Un Web GIS [16] debe proveer un entorno eficiente para que los clientes y servidores puedan comunicarse intensivamente a fin de que los servicios requeridos por los usuarios se completen en tiempos razonables. La comunicación entre clientes y

servidores, y los componentes de funciones GIS en cada lado de la red se ilustran en la Fig. 3.3.



**Fig. 3.3. Comunicación Cliente-Servidor y Componentes GIS**

El proceso de una solicitud del cliente involucra generalmente múltiples capas de información, raster y vectoriales, y sigue la siguiente secuencia:

1. Cuando el cliente recibe una solicitud de un usuario el cliente realiza una búsqueda espacial desde el lado del cliente para identificar que archivos espaciales se requieren,
2. Dentro de la extensión de datos seleccionada se realiza una búsqueda exhaustiva para verificar si lo solicitado se encuentra en el caché del cliente.
3. Si lo tiene lo accesa directamente, si no, se solicita al servidor,
4. El servidor realiza una búsqueda para localizar la data,
5. Luego que se identifica la capa de datos especificada el servidor la envía hacia el cliente solicitante.
6. El sistema entonces, retorna al segundo paso hasta que todas las capas de información hayan sido encontradas y transmitidas.

Si el proceso fuera uni-hilo un usuario no podría iniciar una solicitud subsecuente hasta que las capas anteriores fueran recibidas, lo cual sería muy ineficiente. Así mismo en un ambiente multiusuario las demoras que se generarían resultarían intolerables.

El clustering y el multithreading permiten resolver estas limitaciones. En la Fig. 3.4 se grafica la ventaja del paralelismo.

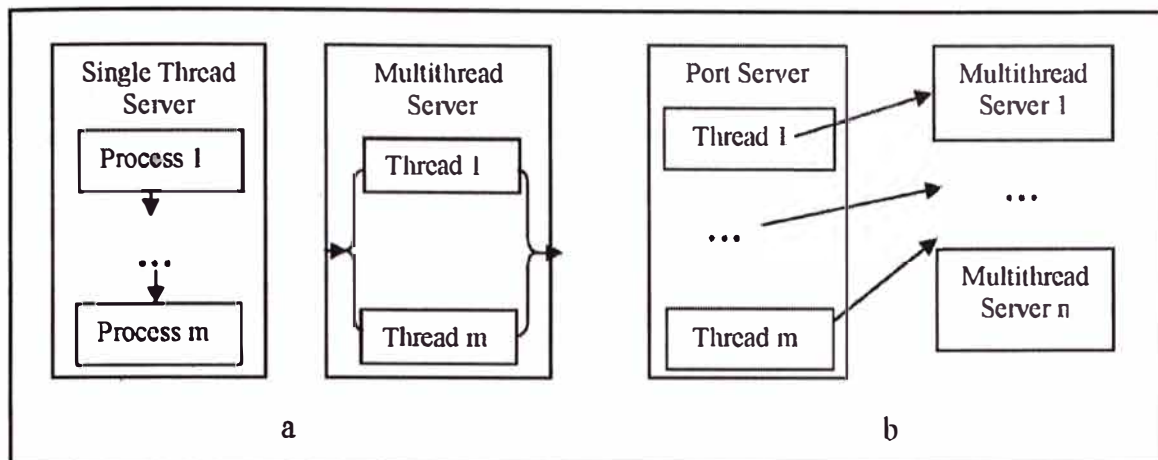


Fig. 3.4. Multi-thread (a) y Clustering (b) en entorno Web GIS

### 3.2.2. Hilado múltiple de ejecución (multi-threading)

Un procesador normalmente ejecuta las instrucciones secuencialmente una después de la otra. A esta ejecución secuencial de instrucciones se le llama un *Execution Thread* (Hilo de Ejecución).

Un proceso Multithreading es aquel que mantiene el estado de múltiples threads (hilos de ejecución) de forma que se pueda ejecutar en paralelo instrucciones de todos ellos. De esta manera se combina la explotación del paralelismo a nivel de instrucción con la de un paralelismo de grano más grueso para así aminorar el impacto de las dependencias y/o precedencias entre instrucciones.

El Multithreading también se usa para particionar el acceso a grandes capas de datos de información georeferenciada requerida concurrentemente desde los clientes.

Esto mejora el rendimiento puesto que al no existir dependencias de datos entre instrucciones de diferentes hebras se producen menos paradas y se aprovechan mejor los recursos del procesador. Aun así, para aumentar el rendimiento se debe alcanzar un equilibrio entre el paralelismo y la frecuencia del reloj en el diseño de este tipo de arquitecturas.

Los hilos o hebras de ejecución corresponden a tareas ligeras dentro de aplicativos que permiten la conmutación de contenido de un hilo al siguiente a bajo costo. Al

permitirse la ejecución en paralelo el tiempo ocioso (idle) puede ser mantenido al mínimo.

El Multithreading es especialmente apropiado para ambientes interactivos como por ejemplo aplicativos de servicios basados en la localización (LBS) donde el ingreso de datos por parte del usuario determina el comportamiento del aplicativo. En este caso como el acceso wireless provee limitado ancho de banda un aplicativo de un solo hilo estaría la mayor parte del tiempo esperando que se completen las transmisiones.

### 3.2.3. Agrupamiento (clustering)

Clustering es una forma de conectar dos o más servidores. Es una tecnología multidisciplinaria que aúna arquitectura de computadores, sistemas operativos y redes de ordenadores.

La idea fundamental es atacar los problemas con una red de sistemas de cómputo distribuidos. Esta filosofía se enfrenta a la tradicional filosofía cliente/servidor donde un único servidor muy potente debe realizar todo el trabajo o tareas.

Frente al servidor único, el clustering ofrece varias ventajas, entre otras:

- Menor coste
- Mayor escalabilidad
- Máxima disponibilidad de servicios
- Mayor capacidad de proceso
- Mejor relación calidad precio

El mayor inconveniente de estos servicios es su complejidad. Se necesitan expertos para controlar estos sistemas y sacarle todo el provecho que presentan.

El clustering se ha dividido tradicionalmente en dos ramas básicas:

- Clústeres de alto rendimiento
- Clústeres de alta disponibilidad

**Alto rendimiento:** Una forma lógica con la que se pueden conseguir grandes capacidades de cálculo es uniendo las capacidades de muchos ordenadores. Esto es llamado cluster o proceso distribuido dependiendo del grado de integración del sistema. Lo mejor de estos clusters es su facilidad para aumentar su capacidad de

cálculo, a medida que se necesite procesar más datos se puede añadir más procesadores.

**Alta disponibilidad:** Este tipo de cluster, aprovecha el hecho de disponer de varias máquinas independientes para que en caso de que una de ellas tuviera un problema, las demás puedan cumplir con las tareas de ésta, de tal forma que el servicio no se vea interrumpido.

Cuando el multithreading resulta insuficiente, el clustering posibilita que se aporten más recursos de cómputo ya que se suma la potencia de varios procesadores en forma sincronizada.

El servidor portal conectado a Internet se encarga de canalizar todos los requerimientos y la respuesta a los mismos. Este servidor portal redirecciona eficientemente el tráfico hacia miembros del cluster cuando ve agotada la capacidad de multithreading en un procesador específico. Esto constituye una solución escalable que puede acomodar crecimiento futuro de demanda.

Las microarquitecturas cluster tendrán sin duda una presencia cada vez mayor. La idea de una microarquitectura cluster es dividir el requerimiento de proceso en diversos clusters, de forma que cada cluster esté formado por las unidades que más frecuentemente se comunican entre ellas, y las comunicaciones entre clusters sean infrecuentes.

Así se puede conseguir que el impacto del retardo de las interconexiones se reduzca sustancialmente, ya que las interconexiones que se usan más frecuentemente son las más cortas y por lo tanto la más rápidas. En otras palabras, podríamos decir que las microarquitecturas del futuro deben de explotar la localidad en las comunicaciones.

### **3.3. Transmisión y despliegue progresivo**

#### **3.3.1. Técnica tradicional**

La técnica convencional de transmisión y despliegue de imágenes ha considerado tradicionalmente la compresión del conjunto entero de datos digitales para transmitirlo por la red hasta un terminal donde la imagen comprimida no se visualiza hasta que la transmisión no ha terminado completamente. [17]

Esto constituye un problema sobre todo cuando nos encontramos con enlaces lentos y/o imágenes de alto volumen.

En muchas aplicaciones no es necesario transmitir más información de la que se puede desplegar. En ese sentido es deseable "extraer" de manera eficiente, la información de la imagen original para un tamaño o resolución específica. Así, por ejemplo un dispositivo móvil y un computador de escritorio pueden acceder la misma imagen, según las propiedades gráficas específicas de cada equipo; así como la capacidad de transmitir la imagen en diferentes grados de resolución, donde cada transmisión sólo considera el envío de nueva información.

### **3.3.2. Transmisión Progresiva**

Una aproximación para salvar algunos de los problemas anteriores es la transmisión progresiva de imágenes. Normalmente, el conjunto de datos digitales se puede dividir ordenadamente en regiones y esas regiones se seleccionan siguiendo un orden para su transmisión. A medida que se van recibiendo las regiones, la visualización continua permite al receptor ver imágenes que evolucionan mejorando a cada paso su calidad. [18]

Como se observa en las Figuras 3.5 y 3.6, el proceso de transmisión progresiva comienza con la adquisición de datos que nos proporciona una imagen, la cual se almacena temporalmente o no, dependiendo de que el tipo de transmisión sea en tiempo real o con pre-proceso.

Sobre la imagen adquirida se realiza a continuación un pre-proceso, si es necesario, obteniendo la imagen dividida en regiones y la secuencia de envío óptimo de las regiones, datos que se almacenan en el servidor.

El cliente tiene implementado el algoritmo de reconstrucción, luego al solicitar una imagen al servidor, éste la transmite región a región de forma progresiva y siguiendo la secuencia de envío. A cada paso, el procesador del cliente reconstruye una aproximación de la imagen original empleando toda la información recibida hasta ese momento.

En cualquier momento, durante la transmisión, el cliente puede decidir:

1. Detener la transmisión si la imagen no es la que interesa
2. Dejar continuar el proceso hasta el final si la imagen es la deseada
3. Parar la transmisión si no es necesario tener una mejor aproximación de la imagen
4. Modificar el proceso, para transmitir otras regiones de mayor interés.



Como puede verse, excepto en la opción 2, el resultado es un ahorro en la utilización del ancho de banda y una visualización de los datos desde el primer instante

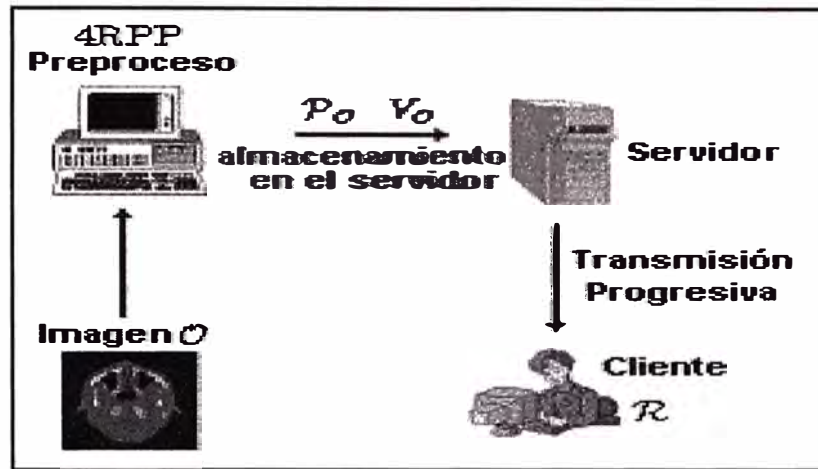


Fig. 3.5. Sistema de transmisión progresiva con pre-proceso



Fig. 3.6. Sistema de transmisión progresiva en tiempo real

Por ejemplo la compresión en formato JPEG [18] convierte los datos del color de RGB a un sistema HSL (Hue, Saturation, Lightness) que identifica el brillo en cada píxel para luego proceder a la primera reducción de datos recurriendo a un muestreo en el cual la escala de brillo no se modifica mientras que la mitad de las otras dos escalas es eliminada substituyendo dos píxeles vecinos por un solo valor que representa su promedio. Esto reduce la imagen entera a dos tercios de su talla original sin pérdida sensible en calidad porque la información del brillo de cada píxel sigue siendo intacta.

Los pasos de progresión trabajan en bloques 8 por 8 en la imagen. En una serie de procesos matemáticos llamados "Transformada de Coseno Discreto" (DCT) y "Proceso de Cuantización", los cambios en brillo y el color dentro de cada bloque se identifican y se redondean.

Mediante la Transformada de Coseno Discreto de cada bloque que representa 64 píxeles, se obtienen 64 coeficientes que lo representan. Básicamente la DCT permite representar, en forma similar como lo hace la Transformada de Fourier, los componentes de la imagen en el dominio de la frecuencia, lo que permite su mejor manejo en la pérdida de cuantización.

Si bien en los bloques de 8x8 píxeles el color no varía mucho, las señales se concentran en las frecuencias más bajas ya que los coeficientes más altos son nulos o de una amplitud despreciable. Esto ocurre cuando las imágenes a comprimir son fotografías, no en el caso de imágenes con patrones rectangulares, como líneas rectas o con figuras similares a ladrillos o con contorno discontinuo, los que contienen patrones de frecuencia espacial más altas.

Luego del DCT los coeficientes no nulos se redondean a valores discretos durante el proceso de cuantización lo que provoca la pérdida de calidad de la imagen final. Finalmente, los coeficientes no nulos son codificados usando el método de Codificación Huffman.

Es este caso la transmisión progresiva puede tener tres versiones:

1. Selección espectral progresiva:
  - Consiste en entrelazar los coeficientes de los distintos bloques en función de su frecuencia, transmitiendo primero los de menor frecuencia.
  - Proporciona a lo sumo 64 scans (pasadas).
2. Selección por planos de bits:
  - Consiste en entrelazar los planos de bits de los coeficientes de los distintos bloques, transmitiendo primero los de mayor peso.
  - Proporciona a lo sumo 11 scans.
3. Una mezcla de las dos anteriores:
  - 64 u 11 pasadas pueden ser insuficientes en aquellos casos donde el tiempo de transmisión sea muy largo y la potencia computacional del dispositivo de visualización sea alta.
  - Los coeficientes pueden transmitirse por planos de bits, pero seleccionándolos además por bandas de frecuencia (hasta 704 scans).

### **3.3.3. Acceso directo a sub-imágenes y regiones de interés (ROI)**

Esta característica indica la capacidad de acceder a una porción específica de una imagen y extraerla bajo diferentes resoluciones o tamaños. Las regiones de interés,

permiten que alguna parte específica de la imagen pueda ser transmitida con mejor resolución o menos distorsión que el resto de la imagen.

### **3.3.4. Transmisión progresiva de vectores**

Aparte de las imágenes la transmisión progresiva se aplica también a los vectores. [19]

En este casos hay dos enfoques principales,

1. Según el orden en que se despliegan los vectores, donde los objetos mas importantes son transferidos antes que los menos importantes; y,
2. En un enfoque más sofisticado en que en que la transmisión ocurre paralelamente en resoluciones múltiples.

### **3.3.5. Protocolo IIP**

Es el "Protocolo para Imágenes Internet". Permite que el usuario descargue una imagen de alta resolución en forma fragmentada en vez de descargarla de una sola vez. Esto hace que el usuario cliente pueda conseguir una vista total de la imagen y después solicitar una nueva resolución del objeto al servidor, obteniendo solamente la información que necesita, sin necesidad de re-procesar toda la imagen.

Esta comunicación se puede establecer a través de sockets, que realizan la interfaz entre la aplicación y el protocolo TCP/IP pudiendo tener lugar en la misma máquina o bien sobre una red. IIP permite acceder a una imagen desde un cliente cualquiera en una resolución independiente del ancho de banda y de la capacidad del hardware/software utilizado.

Imágenes almacenadas en estructuras de multiresolución, ordenadas en "tiles" o cuadros, permiten a IIP aumentar la eficiencia de los sistemas de respuesta de requerimientos de imágenes. Para limitar el tiempo de acceso a la red es posible cargar en el cliente una serie de propiedades que corresponden a un grupo de imágenes.

IIP se diseñó para utilizar las estructuras de transporte existentes en Internet, como lo son HTTP y las conexiones socket. Sin embargo no es necesario que el servidor ni el cliente realicen este tipo conexiones sino que simplemente soporten la transmisión de la información apropiada y elementos del protocolo que aseguren compatibilidad.

Por otro lado, si el cliente tiene la posibilidad de acceder a la información de la URL y el puerto, una conexión HTTP previa no es necesaria. Si este no es el caso, y

asumiendo que el Servidor es capaz de realizar una conexión socket, el Servidor provee un objeto IIP-Socket durante el primer ciclo de transacciones.

Si el cliente desea utilizar el modelo de conexión tiene que abrir un canal de comunicación a la dirección IP y en el puerto especificado por el objeto IIP-Socket.

Tener en cuenta que ni HTTP ni FTP pueden ser usados eficazmente para transmisión progresiva dado que sus esquemas inherentes de corrección asincrónica de errores entran en conflicto con la secuencia planificada de despliegue progresivo.

### **3.3.6. AJAX**

Un avance importante es el uso conjunto de AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) y manejo piramidal de imágenes en la visualización Web. Esto permite mejoras significativas de rendimiento y tiempos de respuesta en entornos Web (Amazon A9, Google, MS Virtual Earth).

AJAX es una combinación de múltiples técnicas Web para acelerar la respuesta. Puede filtrar requerimientos al servidor para conseguir que se envíen solo los datos mínimamente necesarios. Por ejemplo si un usuario necesita un acercamiento a un área específica el servidor no tendrá que reprocesar todo el contenido de la página del mapa sino solamente reenviar el área mas pequeña solicitada por el usuario.

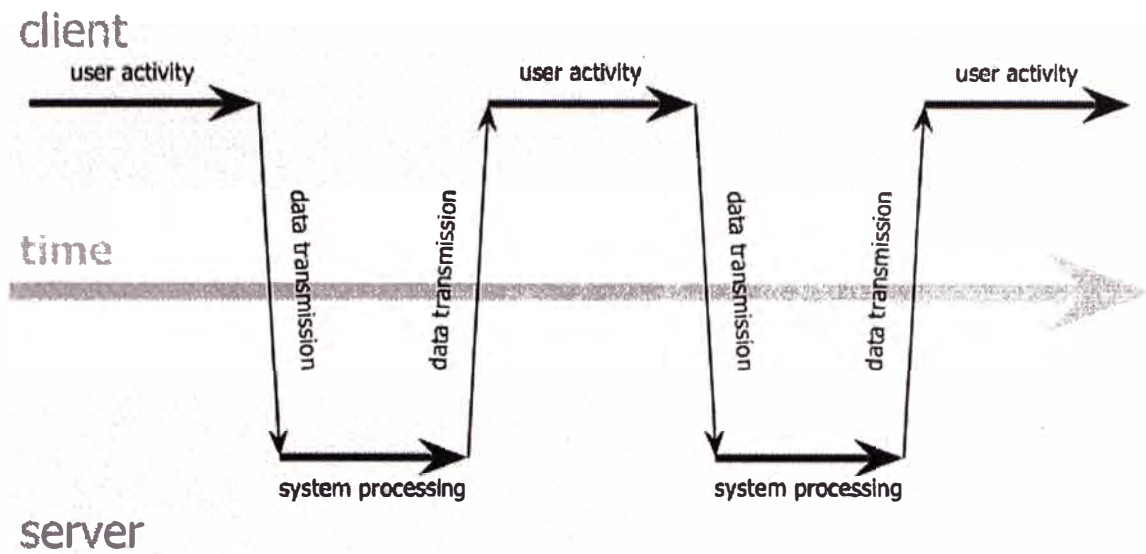
Mediante el uso de Simple Object Access Protocol (SOAP), JavaScript, or protocolos Web similares basados en XML-based Web service protocols, los usuarios de aplicativo AJAX applications tendrán las respuestas más rápidas.

La clave es el "Asincronismo" que elimina la naturales start-stop de la interacción con la Web introduciendo un intermediario, el motor AJAX, entre el usuario y el servidor.

Este intermediario escrito en JavaScript, maneja los requerimientos optimizadamente en forma asincrónica.

En la Fig. 3.7. podemos ver el patrón de interacción síncrono tradicional versus el patrón asíncrono de un aplicativo Ajax.

## classic web application model (synchronous)



## Ajax web application model (asynchronous)

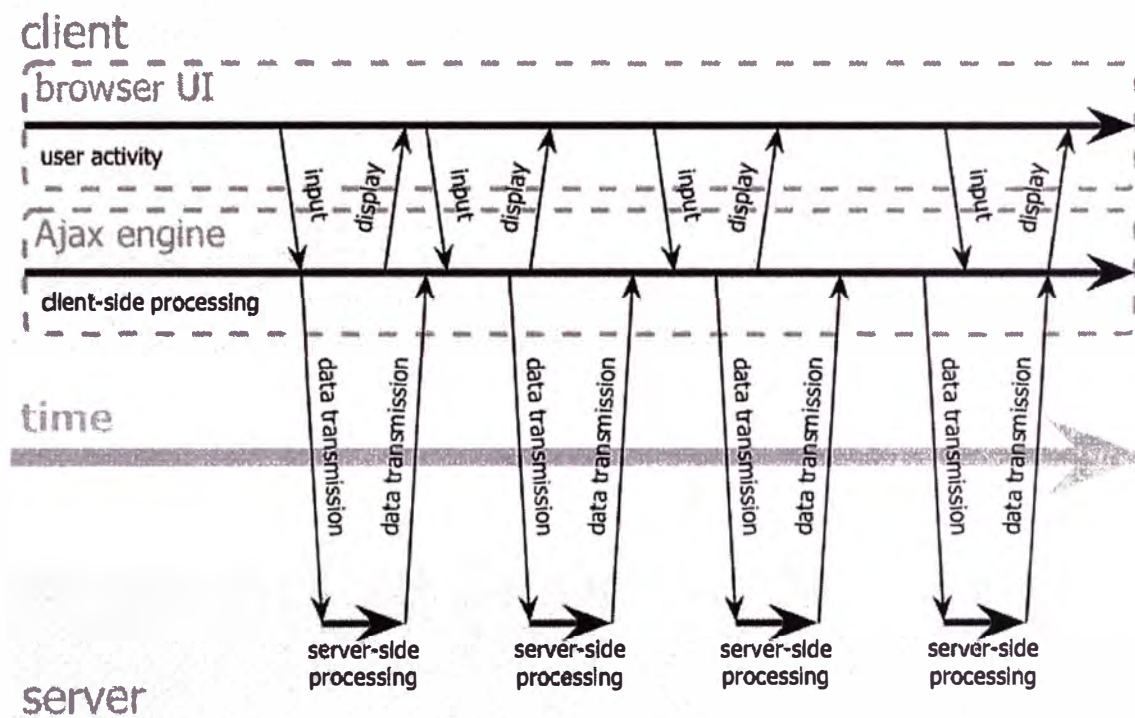


Fig 3.7. Patrón síncrono tradicional versus el patrón asíncrono de un aplicativo Ajax.

## **CAPITULO IV**

### **CARACTERIZACIÓN DE IMPLEMENTACIONES EXISTENTES**

#### **4.1. Componentes de un portal Web de mapeo**

##### **4.1.1. Equipos de procesamiento de datos**

Con suficientes recursos de procesador y almacenamiento ya que este tipo de aplicación demanda potencia. Los sistemas operativos Windows y Linux tienen más capacidad que Mac OS, u otras variedades de Unix para este tipo de aplicativos.

##### **4.1.2. Conexión Internet**

Con un ancho de banda aceptable dependiendo de los requerimientos

##### **4.1.3. Servidor Web**

Para manejar las comunicaciones de alto nivel entre el usuario final que utiliza el navegador Web para acceder al portal de mapeo y el servicio de mapeo en nuestro procesador. Presenta la página Web conteniendo los mapas y herramientas relacionadas. Entre los servidores Web más usados tenemos el Apache HTTP Server y el MS Internet Information Services (IIS).

#### **4.2. Introducción a servidores de mapas Web**

##### **4.2.1. Definiciones**

Un Servidor de Mapas Web es un software que permite publicar e interactuar con mapas digitales desde páginas Web. El servidor debe encargarse de leer la información de mapas, presentarla en páginas Web y permitir la interacción del usuario con el mapa. Los Servidores de Mapas son la evolución de los Sistemas de Información Geográfica hacia Internet.

Los servidores de mapas permiten al usuario la máxima interacción con la información geográfica. Por un lado el usuario o cliente accede a información en su formato

original, de manera que es posible realizar consultas tan complejas como las que haría un GIS.

Un servidor de mapas funciona enviando, a petición del cliente, desde su "browser" o navegador de internet, una serie de páginas HTML (normalmente de contenido dinámico DHTML), con una cartografía asociada en formato de imagen (por ejemplo, una imagen GIF o JPG sensitiva). Un servidor de mapas es, de hecho, un SIG a través de internet.

Las primeras versiones de servidores de mapas sólo permitían realizar funciones básicas de visualización y consultas alfanuméricas simples. En las versiones más recientes es posible realizar funciones mucho más avanzadas. El tiempo dirá si los servidores de mapas tendrán toda la funcionalidad de los SIG. El servidor de mapas es personalizable, es decir, se pueden preparar o programar las herramientas (los iconos de la aplicación) de manera que sean intuitivas para el usuario no experto en SIG.

#### **4.2.2. Funcionalidades**

- Visualización: paneo, zooms para alejar o acercar los elementos cartográficos. En servidores de mapas más avanzados el usuario puede definir la extensión de los "zooms"; también puede activar o desactivar la visualización de las capas de elementos cartográficos;
- Consulta de información dinámica al pasar el "mouse" sobre cada elemento cartográfico ("map tips")
- Identificación de atributos alfanuméricos en cada elementos cartográfico ("identify")
- Consultas de atributos alfanuméricos: sencillas, como la búsqueda de topónimos o más complejas, con operadores booleanos
- Conexión de bases de datos locales a la base de datos remota del servidor de mapas ("data binding"), de cara a la creación de mapas temáticos con datos alfanuméricos propios, o para el volcado masivo o una a una de direcciones postales como puntos en una capa de ejes de calles (geocodificación de direcciones postales o "addressmatching")
- Selección de elementos por combinación de capas o análisis con operadores espaciales de superposición, contención (ejemplo: distritos que contengan escuelas de determinado tipo).

- Intersección de dos capas (con la opción de creación de nuevas capas)
- Creación de zonas de influencia (“buffers”, ejemplo, señalar la zona de riesgo a 2 Km de una industria de productos tóxicos)
- Cálculo de rutas óptimas para la navegación de vehículos (“routing”)
- Edición básica de líneas (“redlining”) por parte del cliente, de manera que el administrador del servidor de mapas puede recuperar esas líneas e incorporarlas a la cartografía.
- Capacidad de imprimir el mapa manteniendo la escala.

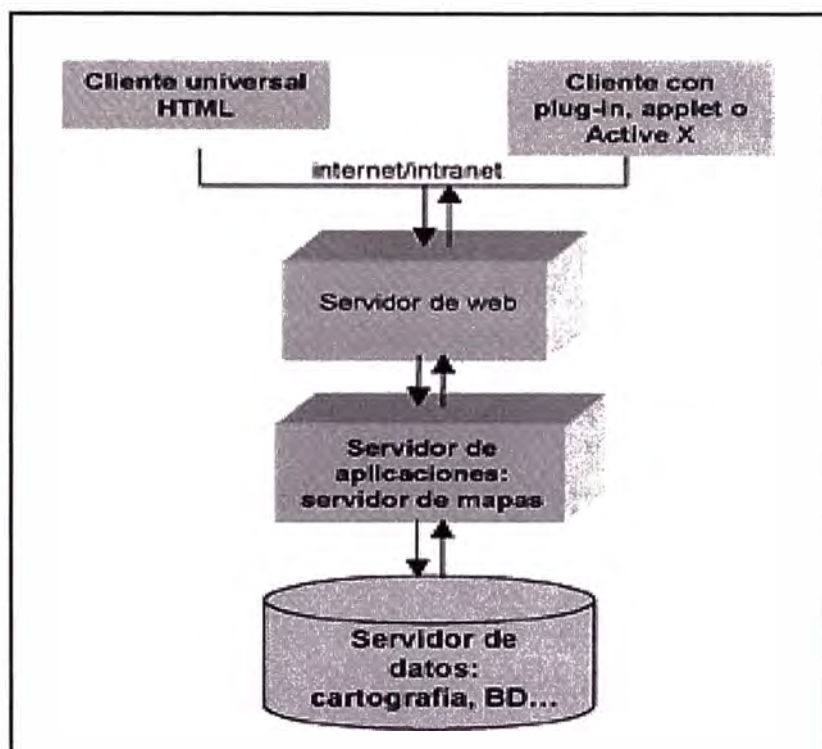


Fig 4.1. Esquema de la Arquitectura de un Servidor de Mapas

#### 4.2.3. Arquitectura de los servidores de mapas

La arquitectura de los servidores de mapas es de tipo cliente/servidor. El cliente, en nuestro caso, un “browser” o explorador de internet, solicita los recursos del servidor. El servidor gestiona todas las peticiones y responde de manera ordenada a éstas. La red es la estructura física a través de la que cliente y servidor se comunican. El cliente, al recibir los datos del servidor (por ejemplo, código HTML) los interpreta y los presenta al usuario (en el “browser” como texto con un determinado estilo, tamaño de fuente, color, etc.).



En el caso de los servidores de mapas, el formato de los datos que son leídos por el cliente puede determinar el tipo de cliente. Cuando el formato de la cartografía que llega al cliente es de imagen (formatos genéricos como JPG, PNG o GIF, por ejemplo) un explorador simple HTML (lenguaje totalmente transparente al navegador) es, por lo general, suficiente. En cambio, cuando el cliente debe leer un formato vectorial encriptado, elaborado a partir del formato vectorial nativo de la cartografía, de manera que se puedan ejecutar funciones más sofisticadas, puede ser necesario instalar algún componente en el ordenador local, como “plug-ins” para Netscape, “applets” de Java o ActiveX COM de Microsoft. Normalmente esos componentes pueden descargarse gratuitamente de internet y no tardan más que unos instantes o breves minutos en instalarse. Aún así, no cabe duda de que suponen un cierto inconveniente para el usuario, sobre todo si no cuenta con privilegios de administración o ese contenido está restringido en el “proxy” o “firewall”.

La Fig. 4.1 muestra un posible ejemplo de la arquitectura de un servidor de mapas. Por un lado, el nivel del cliente, “browser” o navegador de internet/intranet. El cliente puede ser de dos tipos: el primero, universal, preparado para leer documentos HTML standard; y el segundo, en el que ha sido necesario añadir o “enchufar” un “plug-in”, es decir, un programa que aumenta las prestaciones del cliente HTML. En el flujo descendente de las flechas, el cliente, realiza una petición que llegará al servidor de mapas (una aplicación más en el servidor de aplicaciones), a través de internet/intranet y que recibe en primera instancia el servidor de Web. En el flujo ascendente el servidor de mapas atiende la petición y extrae la información del servidor de datos, presentándola al servidor de Web, que la envía a través de internet/intranet hasta el cliente.

#### **4.2.4. Acceso a formatos de cartografía**

En general los servidores de mapas pueden acceder directamente, sin necesidad de transformación previa a diversos formatos propietarios, ajenos y públicos de cartografía vectorial en CAD y SIG y de imágenes raster. La lectura directa de la cartografía vectorial en formato CAD o SIG, sin tener que pasar por procesos de transformación, puede ser un aspecto clave en la elección de un servidor de mapas.

En cuanto a acceso a los formatos CAD y SIG:

- MapXtreme (de MapInfo) accede directamente a sus formatos propietarios .TAB, a Oracle y shapefile de ESRI, pero no accede directamente a formatos CAD.

- ArcIMS 4 (ESRI) dispone de un módulo denominado ArcMap Server que accede a los formatos CAD más comunes, aunque ArcIMS no accede directamente a otros formatos de SIG, como .MIF de MapInfo sino a través de transformación de formato.
- Bentley Publisher accede a todos los formatos de CAD standard del mercado pero sólo lee directamente sus formatos de SIG propios (MicroStation Geographics y MicroStation Geographics Spatial Edition para Oracle 8i).
- AutoDesk MapGuide 6 accede directamente a los formatos propios DWG, SDF (producido a partir de la importación con el producto SDF Loader de formatos que no se leen directamente, como el DGN, coberturas de ESRI, etc.) y Autodesk GIS Design Server, y también a otros formatos ajenos, como el shapefile de ESRI y Oracle Spatial 8i y 9i.
- Geomedia Web Map (Intergraph) puede acceder directamente a la mayoría de formatos comerciales de CAD y SIG, excepto el de MapInfo.

Todos estos cinco servidores de mapas acceden a datos espaciales almacenados en Oracle.

El servidor recibe un requerimiento de un usuario, ya sea para presentar un mapa nuevo o realizar alguna acción sobre uno ya existente. Utilizando la información geográfica que se encuentra en la Base de Datos y un archivo de configuración que indica que capas debe presentar y de que modo, se genera un nuevo mapa. Luego utilizando una plantilla de página Web, resuelve el requerimiento retornando una página Web y la imagen del mapa.

El problema es que el usuario está directamente interactuando con el servidor de mapas y si la página Web tuviera que realizar algún tipo de procesamiento además de presentar un mapa, no le sería posible con este esquema.

#### **4.2.5. Tecnología de servicios de mapas por (Web Map Services)**

Con la tecnología WMS, la información espacial publicada en la red es dinámica. La distribución de información geográfica vía Internet permite la integración en tiempo real de datos procedentes de cualquier parte del mundo. El usuario tiene acceso a los recursos de la Web, se desplaza libremente por toda la información con herramientas funcionales, cambia la representación gráfica en línea, enlaza elementos gráficos con

informaciones procedentes de bases de datos, y trabaja en tiempo real con funciones de análisis.

Este sistema distribuido de información, en comparación con herramientas "stand-alone" o instaladas en un ordenador personal ofrece, entre otras, las siguientes ventajas:

- Compartir e intercambiar datos.
- ..Dar acceso a aplicaciones y herramientas para el análisis y toma de decisiones a un público mucho más amplio.
- Facilitar la actualización continuada de la información, ayudando a reducir redundancias (duplicaciones) y mejorando el acceso a bases de datos.
- Facilitar la actualización de aplicaciones e información divulgada.

#### **4.2.6. Componentes de la arquitectura WMS**

- Aplicaciones Cliente: Entorno de trabajo del usuario. Cualquier navegador que soporte el estándar HTML puede actuar como cliente. Será necesario que también soporte Applet (Plug-in) de Java o tecnología ActiveX, si los servicios a los que se accede contienen estos componentes.
- Aplicaciones Servidor: Son las encargadas de canalizar y atender las operaciones que el usuario solicita sobre los datos: ArcView IMS, MapObjects IMS, ArcIMS, Map&Guide, Geomedia Web, UMN MapServer, OGC Mapview, Geoclip, GeoServer, etc.
- Bases de Datos: Las aplicaciones servidoras acceden a los datos que pueden estar almacenados en archivos o en bases de datos espaciales (Spatial Data Engine, SDE),

### **4.3. Servidores Web de mapeo existentes**

#### **4.3.1. UMN Mapserver**

El proyecto de software libre MapServer, que es desarrollado por la Universidad de Minnesota, desarrolla las dos especificaciones del OpenGis, WMS1.3, el cual provee operaciones de protocolo que permite la creación, visualización de información espacial de diversas fuentes remotas y heterogéneas.

Una especificación adicional para servicios de información vectorial Web es el WFS1.0, el cual especifica las mismas operaciones de protocolo. Su modo de funcionamiento está basado en la generación de lado del servidor Web de imágenes estáticas (JPEG, GIF, PNG, etc.) como resultado del proceso de las peticiones realizadas por los clientes. Estas imágenes son referenciadas posteriormente dentro de la interfaz de usuario que se le envía al cliente.

El Mapserver es también usado por desarrollos Java vía enlaces JNI (Java Native Interface) bindings, o vía los protocolos WMS y WFS del OpenGIS.

El proyecto MapServer aprovecha las contribuciones realizadas por parte de otros proyectos de software libre, por ejemplo usa un servidor Apache para la puesta en alta de los servicios de información, se complementa con librerías para el manejo de formatos comerciales de información geográfica, como ShapeLib y FreeType [20], así como para el manejo de proyecciones cartográficas Proj.4 [21], y el manejo de información Raster con GDAL y OGR, entre otras dependencias.

De manera sinérgica, en torno a MapServer también han surgido otros proyectos de software libre, que se han apoyado en la funcionalidad básica para construir aplicaciones de mayor riqueza, ejemplos de esta tendencia son MS4W, MapLab y VisualBasicGIS , proyectos de enriquecimiento sistémico que se han desarrollado sobre la plataforma Windows© principalmente.

En el paradigma de Servicio Web (Web Services) el servidor de mapas va a ser utilizado como si ofreciera un Servicio Web de creación de mapas. Este paradigma de operación es similar a los paradigmas cliente/servidor, es decir que un programa cliente utiliza servicios remotos proporcionados por otro programa, el servidor.

Generalmente la página Web de los aplicativos invoca al servidor de mapas para que le retorne mapas e información sobre ellos. Para poder llevar a cabo este mecanismo hay que determinar dos cosas, cual es el protocolo de comunicaciones por el cual se van a solicitar los servicios y se va a enviar la respuesta, y como será el pasaje de parámetros en la invocación y la respuesta. Para la comunicación se puede utilizar el protocolo HTTP (Hyper Text Transfer Protocol). La invocación al servidor se realiza ejecutando la URL (Uniform Resource Locator) del servidor de mapas que también contiene los parámetros que se le envían. El resultado de la llamada esta en formato XML (Extensible Markup Language).

Una de las formas más importantes de interactuar con los mapas digitales es realizando operaciones directamente sobre la imagen. Las operaciones más frecuentes son zoom, paneo o identificación. El zoom consiste en acercar o alejar la vista de la zona seleccionada. El paneo es movilizar la vista del mapa sin alejarla o acercarla. La identificación consiste en seleccionar algún elemento del mapa y ver los atributos asociados.

MapServer ofrece facilidades para soportar estas operaciones y algunas más. El problema está en la interacción que ofrece el HTML (Hypertext Markup Language) con las imágenes. Hay dos modos con los cuales se puede interactuar con las imágenes en HTML. Uno, es simplemente asociando una URL a una imagen. Cuando se hace clic sobre la imagen se ejecuta la URL asociada y se pasa como parámetros las coordenadas del clic en la imagen.

El problema de este modo de operar es que sólo ofrece la posibilidad de hacer un clic en el mapa, no se puede marcar un rectángulo o algún polígono más complejo en la selección. Además el pasaje de las coordenadas como parámetros no es compatible con el modo de operación de MapServer.

El otro modo de operación es indicar al HTML que la imagen sea interpretada como un mapa. En este caso se indican zonas en el mapa, donde cada una es asociada a una URL distinta. Este modo de operación es muy útil para implementar acciones como la identificación, pero para el resto de las operaciones no es útil.

Para resolver este problema los Servidores de Mapas utilizan dos alternativas distintas,

1. Dejar que el mapa sea una imagen y mejorar la interactividad desde la página Web utilizando JavaScript o Applets Java.
2. Que el mapa no sea realmente una imagen sino que un Applet Java embebido en la página web y las acciones sobre el mapa las ejecuta el Applet conectándose directamente con el Servidor de Mapas. En este caso la página Web no se somete al Servidor Web, sino que el Applet se encarga de conectarse al Servidor de Mapas y requerir el nuevo mapa.

#### **4.3.2. MapQuest**

MapQuest es uno de los más grandes y mejores sitios en mapas en la red. Ellos proveen mapas basados en direcciones en los EEUU, así como también direcciones de puerta a puerta en una variedad de idiomas. Adicionalmente, MapQuest provee

otros servicios, tales como reportes de tráfico por ciudad y evaluaciones de hoteles y restaurantes.

MAPQUEST es un callejero Web. Pero no es un callejero cualquiera. Es ideal si tenemos que ir a un sitio y no tenemos una guía a mano.

También podemos elegir el origen y el destino, Mapquest nos realiza la ruta y nos indica paso a paso los metros a los desvíos de calle, las distancias y el tiempo estimado.

En la gran mayoría de callejeros Web las imágenes están protegidas por copyright y está bloqueada la función "Guardar Como". Mapquest no tiene esta limitación y nos permite guardar las imágenes. Podemos realizar una búsqueda o itinerario y guardar las imágenes resultantes para llevarlas en un pantalla móvil durante el trayecto y consultar.

#### **4.3.3. Google Maps**

Google Maps es el nombre de un servicio gratuito de Google. Es un servidor de aplicaciones de mapas en Web proporcionado en <http://maps.google.com> y es parte de Google Local. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotos satelitales del mundo entero, así como la ruta entre diferentes ubicaciones.

Es similar a Google Earth, una aplicación Windows/Mac/Linux que ofrece vistas del Globo terráqueo impactantes, pero que no es fácil de integrar a páginas Web, ya que no tiene un API publicado. Además Google Earth es una aplicación autónoma (Standalone) y por tanto requiere instalar código en el cliente.

Ofrece, asimismo, la posibilidad de que cualquier propietario de una página Web integre muchas de sus características a su sitio Web. Por lo tanto hay sitios Web que no pertenecen a la empresa Google, pero que hacen uso de la tecnología Google Maps para facilitar a cualquier usuario la creación de un mapa personal.

Google Maps fue anunciado por primera vez en Google Blog el 8 de febrero del 2005. Originalmente soportaría sólo a los usuarios de Internet Explorer y Mozilla Firefox, pero el soporte para Opera y Safari fue agregado el 25 de febrero del 2005. El software estuvo en su fase beta por 6 meses antes de convertirse parte de Google Local, el 6 de octubre del 2005.

Como en las aplicaciones Web de Google se usan un gran número de archivos de Javascript para crear Google Maps. El usuario puede mover el mapa la visualización

del cual se baja desde el servidor. Cuando un usuario busca un negocio, la ubicación es marcada por un indicador en forma de pin, el cual es una imagen PNG transparente sobre el mapa. Para lograr la conectividad sin sincronía con el servidor, Google aplicó el uso de AJAX dentro de esta aplicación.

### **Características Básicas**

Google Map ofrece la capacidad de hacer acercamientos o alejamientos para mostrar el mapa. El usuario puede controlar el mapa con el ratón o las teclas de dirección para moverse a la ubicación que se desee. Para permitir un movimiento más rápido, las teclas "+" y "-" pueden ser usadas para controlar el nivel de *zoom*. Los usuarios pueden ingresar una dirección, una intersección o un área en general para buscar en el mapa.

Los resultados de la búsqueda pueden ser restringidos a una zona, gracias a Google Local. Por ejemplo, si alguien quiere consultar por "Waffles in Ottawa" (en español, "Waffles en Ottawa"), para encontrar restaurantes que sirven waffles cerca de la ciudad. Las búsquedas pueden encontrar una amplia gama de restaurantes, hoteles, teatros y negocios generales.

Como otros servicios de mapa, Google Maps permite la creación de pasos para llegar a alguna dirección. Esto permite al usuario crear una lista paso a paso para saber el cómo llegar a su destino, calculando el tiempo necesario y la distancia recorrida entre las ubicaciones.

El enlace de *link to this page* (en español, *enlace a esta página*), inserta una cadena larga de URL la cual contiene la latitud y la longitud. Estos datos pueden ser usados para ingresarlos en Nasa World Wind o TerraServer-USA [22], los cuales, en algunos casos, tienen imágenes de mayor resolución.

### **Adicionales**

En abril del 2005, Google añadió un *Ride Finder* (en español, Ubicador de Vehículo), en el cual, una persona puede ubicar un taxi o un transporte público en una gran ciudad en tiempo real. La persona debe hacer click en la barra de *Update Position* (en español, *Actualizar posición*) para encontrar la nueva ubicación del vehículo.

En junio del 2005, los mapas carreteros de Estados Unidos, Puerto Rico, Canadá y el Reino Unido fueron integrados a Google Maps.

A mediados de julio del 2005, Google comienza la versión japonesa de Google Maps y Google Local.

### **Imágenes Satelitales**

En abril del 2005, se creó una vista alternativa en la que se mostraban imágenes del satélite QuickBird.

En junio del 2005 las imágenes de alta resolución (o a la máxima ampliación), ya estaban disponible para la mayoría de Canadá y Estados Unidos (incluyendo los estados de Hawaii y Alaska. Además se tienen de otros países en forma parcial como Francia, Irlanda, Italia, Irak, Japón, Bahamas, Kuwait, México, Holanda, etc.

Sin embargo, algunas áreas fueron obscurecidas por motivos de seguridad nacional, como el Capitolio, la Casa Blanca y el Área 51 .

Para el resto del planeta las imágenes se encuentran disponible en baja resolución, excepto para los polos. No todas las imágenes mostradas son de satélites, algunas son de aerofotografías.

### **Multivistas**

El 22 de julio del 2005, Google lanza una vista dual de su Google Maps. Esta vista combina la vista satelital con mapas ilustrados y los nombres de calles en imágenes del mundo real. Esto hace más fácil encontrar rutas entre dos puntos.

### **Popularidad**

Con la introducción de las herramientas de búsqueda y el movimiento en el mapa, ha hecho crecer el interés en el uso de las imágenes satelitales, tanto para la investigación como para fines personales.

Junto con los usos, se han creado sitios los cuales buscan crear la base de datos de lugares conocidos y vistos desde el espacio, como por ejemplo: estadios, construcciones antiguas, etc.

### **Programa**

Como Google Maps está desarrollado casi por entero con JavaScript y XML, algunos usuarios han hecho la ingeniería inversa, y han desarrollado códigos para aumentar las capacidades de la interfaz de Google Maps.



Usando el núcleo de las imágenes almacenadas por Google, muchas herramientas pueden personalizar los iconos de localización, conocer la posición exacta en la tierra, e incluso, personalizar las imágenes dentro de la interfaz de Google Maps. Algunos de los "Hacks" de Google Maps son herramienta para ubicar las propiedades en venta o alquiler (Graiglist), llamadas 911 o los datos de crímenes en Chicago.

En junio del 2005 Google lanzó su API de Google Maps, haciendo oficialmente modificable casi cualquier aspecto de la interfaz original. Con la contraseña oficial de desarrollador, la API es libre de uso para cualquier sitio Web.

#### **4.4. Servidores web de imágenes existentes**

##### **4.4.1. ERM Image Web Server**

Image Web Server es un conjunto de programas y utilidades para preparar servir y usar imágenes. Permite servir imágenes en la red sin limitaciones en su tamaño original, con buena velocidad de visualización desde las máquinas cliente. Las claves que explican estas capacidades son tres: compresión de las imágenes, transferencia mediante un protocolo propio y descompresión en la máquina cliente.

Image Web Server ha sido desarrollado por Earth Resource Mapping/ERM aprovechando para ello la experiencia adquirida durante años en el tratamiento de imágenes

##### **Preparación de las imágenes**

La preparación de las imágenes supone principalmente su compresión a formato ECW empleando para ello la tecnología más avanzada. ECW son las siglas de Enhanced Compresión Wavelet [15] un tipo de compresión de imagen que utiliza transformaciones wavelet discretas (DWT) multinivel y después aplica una codificación que reduce la cantidad de información de la imagen. La imagen comprimida se procesa línea a línea directamente a partir de la imagen original de forma que se pueden comprimir imágenes de un enorme tamaño sin grandes necesidades de memoria RAM en la máquina donde se realiza el proceso.

La compresión a formato ECW puede realizarse con varias herramientas que ERM pone a disposición de los usuarios:

- El compresor gratuito que se descarga a través de la página de ER Mapper ([www.ermapper.com](http://www.ermapper.com)), comprime imágenes de hasta 500 Mb de tamaño original.

- El plugin para Photoshop ECW v2.0 que es un programa de compresión gratuito disponible para imágenes de hasta 500 Mb en Photoshop.
- Las librerías para desarrollo de software de compresión (ECW v2.0 Compresión SDK) que también son de descarga gratuita y permiten al usuario integrar la compresión en sus propias aplicaciones.
- El asistente de compresión proporcionado por el programa ER Mapper que comprime imágenes sin limitación de tamaño original y está completamente integrado con otras utilidades de preparación de imágenes del programa, tales como la generación automática de mosaicos y balances de color.

El asistente para compresión de imágenes nos da la posibilidad de trabajar con imagen en blanco y negro, color y multibanda. Los ratios de compresión recomendados están entre 15-25 a 1 para imagen blanco y negro y 25-50 a 1 para imagen color. El compresor trabaja respetando una calidad de la imagen resultante que considera admisible y no admite ratios de compresión que den una menor calidad.

El ratio de compresión alcanzado depende fundamentalmente de la distribución de frecuencias dentro de la imagen. La experiencia indica que en la compresión de ortofotos en blanco y negro, con un tamaño de pixel de 1 metro, en zonas que mantienen altos valores de frecuencia, es que los ratios de compresión no deben sobrepasar el 14 a 1 para mantener una buena calidad en la imagen comprimida.

La velocidad de compresión media alcanzada es de 1 GB por hora independientemente del tamaño original de la imagen a comprimir.

Una de las características importantes del formato de compresión ECW, frente a otros, es que las imágenes comprimidas conservan los datos completos de georreferenciación en un archivo de cabecera.

La posibilidad de trabajar con imágenes de gran tamaño en la red hace que sea conveniente contar con una herramienta eficaz de preparación de mosaicos y de balances. Los mosaicos se montan en poco tiempo teniendo todas las imágenes referenciadas, pudiéndose unir imágenes de diferente resolución espacial y formato. El balance de color automático sobre el mosaico resultante es un proceso razonablemente breve que incorpora las opciones de:

- Detectar y recortar los bordes negros de las fotos aéreas
- Detectar y compensar las variaciones entre imágenes

- Detectar y eliminar hot spots
- Crear líneas de unión entre imágenes que no se noten
- Interpolar los valores de los píxeles en las zonas de solape entre imágenes (feathering horizontal y vertical)

### **Funcionamiento del servidor en Internet**

Servir imágenes significa visualizarlas desde una máquina cliente, con un explorador de Internet o una aplicación de usuario, sin necesidad de descargarlas. Image Web Server es actualmente, gracias a su avanzada tecnología, el servidor de imágenes más rápido. Como se ha comentado, una de las claves de la velocidad de funcionamiento del servidor está en el uso de un protocolo de transferencia propio (ECWP) que maneja de forma más eficaz que el protocolo HTTP u otros las peticiones simultáneas de múltiples clientes. La velocidad de visualización de las imágenes es independiente de su tamaño, no siendo particularmente exigente en cuanto a las características del servidor y de las máquinas cliente.

Otra propiedad de Image Web Server, con repercusión sobre su velocidad de trabajo, es que la descompresión de las imágenes se realiza en la máquina cliente, liberando de este trabajo al servidor. Por tanto, el principal factor limitante de la velocidad de trabajo de Image Web Server se reduce a la velocidad de la conexión a la red.

El sistema de seguridad del servidor permite controlar tanto el acceso a los archivos mediante un sistema de permisos concedidos al usuario, como la resolución que se puede alcanzar en la visualización de las imágenes.

Los requerimientos del programa, en cuanto a las características del servidor, dependen del tamaño de las imágenes que se van a servir. Por ejemplo, para servir una imagen de 100 Gb que haya sido comprimida 20 a 1 se necesitará un PC con un mínimo de 5 Gb de espacio en disco al menos y será suficiente con que tenga 256 Mb de RAM. Sin embargo, para trabajar con imágenes mayores (1000 Gb) es preferible una máquina servidor con 1 Gb de RAM. En la máquina donde va a estar ubicado el servidor es necesario que esté instalado Microsoft IIS (Internet Information Server) o PWS (Personal Web Server) ya que Image Web Server se ha diseñado como una extensión de estos sistemas.

En cuanto a la máquina cliente no hay requerimientos de hardware estrictos, esta es otra de las ventajas de este producto en su incorporación al sistema de producción de

las empresas ya que permite trabajar con PCs modestos. Como máquina cliente sería suficiente un Pentium a 366 Mhz con 64 Mb de RAM.

Image Web Server admite el diseño de páginas web en diversos lenguajes estándar de programación como Html y JavaScript. Las páginas web a través de las cuales se sirven las imágenes pueden incorporar múltiples opciones de visualización mediante los controles ActiveX que proporciona el programa.

La versión superior de licencia de Image Web Server (Enterprise) está preparada para algunas operaciones de comercio electrónico como el cobro de cuotas de suscripciones de acceso o el cobro por la descarga de áreas de interés de la imagen. El resto de las versiones de licencia deben incorporar un módulo de comercio electrónico externo en caso de querer contar con esta utilidad.

### **Uso de las imágenes en distintas aplicaciones**

El principal valor añadido de Image Web Server es sin duda la posibilidad de usar las imágenes comprimidas en las aplicaciones del cliente.

Existen plugins para el acceso a las imágenes almacenadas en el servidor desde:

- Navegadores: Internet Explorer Versión 4.01, Internet Explorer Versión 5.0 o Netscape Versión 4.6
- Software de ERM: ER Mapper, ER Viewer
- Software de Microsoft
- Software SIG: Arc View, MapInfo Professional, MapImagery para MapInfo, AutoCAD Map, GE Smallworld, Manifold
- Photoshop

La incorporación del servidor a determinados proyectos que requieren la edición masiva de cartografía sobre imágenes en un entorno de trabajo multiusuario ha significado un salto cualitativo en el sistema de producción que goza de las siguientes ventajas:

- Se asegura el control sobre la actualización de las imágenes de trabajo al estar centralizadas en el servidor.
- Se evita tener información duplicada, con el consiguiente ahorro de medios y tiempo de trabajo.

- Se reduce el volumen de datos almacenado, aprovechando la calidad de imagen que proporciona el formato ECW.
- Se aumenta la velocidad en la visualización de imágenes con respecto al trabajo en red.
- Se posibilita el trabajo eficaz en las máquinas clientes con PCs ligeros.

#### **4.4.2. Google Earth**

El programa "Google Earth" que la empresa Google lanzó a fines de junio de 2005 presenta un revolucionario salto en el entendimiento de las interfases tradicionales, conocidas en la relación del usuario con Internet.

Planteamos que la herramienta desarrollada y presentada al mundo tiene la capacidad de cambiar radicalmente la forma en que nos relacionamos con la Internet, desde un espacio de interfase basada en la Web semántica tradicional, caracterizada por diferentes modos de vinculación entre contenidos e información en general, hacia una Web GeoSemántica basada en la visualidad y cercanía físico-virtual del interoperador.

En primer lugar constituye una herramienta descomunal puesto que el espacio real del planeta es tridimensionalizado (dimensión geoespacial) por medio de dispositivos ópticos satelitales, y además es aumentado en su potencia informativa por múltiples cubiertas (overlays) de información adicional cualitativa y cuantitativa sobre las propiedades físicas generales, y cualidades humanas del lugar, especialmente en ámbitos urbanos.

La Web geosemántica tiende a reconfigurar la manera en que nos ubicamos en espacios virtuales, creando la posibilidad de establecer una correlación visual en tiempo real del espacio físico en que existe determinado dato, página, nodo o usuario.

Google Earth no es el único software que se ha creado para dar cobertura geográfica al planeta: hoy compete con MSN Virtual Earth de Microsoft y con la propuesta de fuente abierta WW2D. Sin embargo el atractivo de la herramienta de Google, cuya interfase está diseñada sobre supuestos muy ambiciosos que hasta hoy tan solo se insinúan, y que comienzan por ir más allá de la entrega de datos geográficos hasta llegar a conformar un programa cuyas aristas se expanden con cada usuario nuevo que descarga su software y con cada minuto que sus ejecutivos, investigadores y desarrolladores trabajan.

El navegador Google Earth Beta, que se descarga gratuitamente desde Google, contiene una serie de prestaciones que resultan altamente innovadoras.

Sobre la superficie esférica del globo es posible trasladarse a cualquier lugar donde el ratón arrastre al planeta, se pueden obtener visiones de calidad diferencial de muchas de las ciudades del mundo.

Solo su dimensión como herramienta de geografía la convierte en un sujeto de sospecha y recriminación por parte de los estados, que desde su instalación y lanzamiento están pidiendo que Google Earth discrimine y censure ciertos lugares de carácter estratégico que, a sus ojos son objetivo de terroristas o de otro tipo de enemigos; es decir enemigos tradicionales y no tradicionales de los estados.

Google está dispuesto a pasar por alto esos temores y a ofrecer sin limitaciones acceso a imaginería satelital a cualquiera de sus usuarios sin discriminar su procedencia ni sus intenciones político estratégicas. Es decir solamente restringiéndonos a su utilidad como herramienta de geografía resulta un poderoso aliado para el diferencial de sus usuarios. Pero lo central de esta herramienta en la tesis aquí formulada, va más allá de la dimensión geográfica y de los resquemores de los censuradores.

La dimensión geosemántica es el espacio virtual en el cual se conjugan los argot semánticos de diversos campos del conocimiento. En primer lugar tomemos el concepto de J. Brodeur de 'proximidad geosemántica' la que es definida como la instancia proveedora de capacidades de razonamiento para evaluar similitudes semánticas, geométricas y temporales, como fuente para mejorar la interoperatividad de los datos geoespaciales basados en conceptos propios de la comunicación humana.

Como se ve la 'proximidad geosemántica' resulta una funcionalidad evaluativa para la construcción de lenguajes u ontologías. Sin embargo existe también la geosemántica como tal, definida como un servicio de arquitectura Web, basado en ontologías y diseñado para integrar, traducir y compartir información multivariada y activos de conocimiento (geoespacial y de noticias de medios) en un ambiente de distribución red. Tal como ha sido proyectada por el Earth Science Sector of Natural Resources Canada, Geosemántica como nombre propio de un proyecto geoespacial

GeoSemántica aparece como el esfuerzo conceptual y de diseño de software para poder compartir la información geoespacial. Google Earth puede estarse construyendo como una gigantesca herramienta GeoSemántica.

Si la GeoSemántica de Brodeur domina el geoespacio en sus funciones de identificación, descripción y explicación; la definición aquí propuesta sugiere que la Web GeoSemántica Global se encargue de construir la función generativa; encargada de disponer de una serie de comandos para un diálogo cada vez más fluido con el usuario; en el cual éste sea generador de contenidos GeoSemánticos, en la forma de glosarios, propuestas de funcionalidades y sub-funcionalidades, construcción de ontologías y desarrollo semántico geoespacial y societal.

Lo central es que en tanto que va aumentando el conocimiento que acumula dicho programa, los límites del conocimiento restringido a lo geoespacial se ven traspasados por el fenómeno humano, que invade el geoespacio con una variedad diferencial de requerimientos y significaciones, que obligan a ampliar cada vez más los repositorios de datos que conforman las diversas ontologías discretas y específicas.

#### **4.4.3. MSN Virtual Earth**

MSN Virtual Earth es un servicio de imágenes y mapas por satélite lanzado por Microsoft que compite con Google Earth y World Wind.

Virtual Earth no es una aplicación independiente, sino que utiliza Internet Explorer para mostrar los modelos tridimensionales dentro de Windows Live Local. Un punto que sus competidores presentan en su contra es que solo trabaja en Internet Explorer y sólo en Windows,

Virtual Earth permite a los consumidores, empresas, vendedores independientes de software y desarrolladores web utilizar las modernas tecnologías de búsqueda local, mapeo y localización. Un buen ejemplo de la plataforma Virtual Earth en funcionamiento es el sitio Microsoft Windows Live(TM) Local consumer destination. La plataforma Virtual Earth proporciona visualizaciones inmersivas únicas y funcionalidades de búsqueda, mapeo e información sobre direcciones. Windows Live Local se basa en la plataforma Virtual Earth.

Virtual Earth Widget es un poco como una ventana abierta en tu salpicadero digital, que te dará acceso directo a los mapas satelitales del servicio brindado por MSN

## **Características Básicas**

Incluye vistas de gran resolución y precisión sobre una gran cantidad de ciudades. Integra rutinas de calculo de rutas, puntos de interés, que pueden ser guardados y compartidos, así como el seguimiento del trafico en muchas ciudades.

Permite navegación en 3D [23] e incluye datos sobre edificaciones también en 3D en algunos casos.

## **Cobertura**

Contiene detalle a nivel de calles de casi todas las ciudades de EEUU, Canadá, Europa Occidental, Australia, Nueva Zelanda, y Japón.

También se incluyen mapas detallados de gran parte de ciudades principales del mundo.

Adicionalmente se esta colocando textura en los edificios en 3D.

Existen, paralelamente a las tomas satelitales, vistas angulares tomadas desde aeroplanos.

## **Historia**

El desarrollo se basa en tecnologías anteriores como de Microsoft como MapPoint y TerraServer. El nuevo nombre a partir del 2006 es Live Local.

Microsoft ha proporcionado una API para que programadores independientes realicen desarrollos vinculados con dicha plataforma.

### **4.4.4. World Wind**

World Wind es un programa que actúa como un globo terráqueo virtual, desarrollado por la NASA para ser usado en ordenadores personales con Microsoft Windows. Superpone imágenes de satélites de la NASA y fotografías aéreas del United States Geological Survey (USGS) sobre modelos tridimensionales de la Tierra, y, en las últimas versiones, Marte y la Luna.

El usuario puede interactuar con el planeta seleccionado rotándolo y ampliando zonas. Además se pueden superponer topónimos y fronteras, entre otros datos, a las imágenes. El programa también contiene un módulo para visualizar imágenes de otras fuentes en Internet que usen el protocolo del Open Geospatial Consortium Web Map Service. Adicionalmente existen multitudes de ampliaciones para World Wind que



aumentan su funcionalidad, como por ejemplo, poder medir distancias u obtener datos de posición desde un GPS. [24]

### **Capa de imágenes**

Con la instalación del programa se incluyen las imágenes de baja resolución Blue Marble del sensor MODIS, según se amplían zonas determinadas se descargan imágenes de alta resolución provenientes del satélite LandSat 7 o del USGS. El conjunto total de las imágenes ocupa alrededor de 4,6 terabytes, y tienen una resolución típica de 15 m/píxel para todo el mundo (satélite LandSat 7) y entre 1 y 0,25 m/píxel para los Estados Unidos (imágenes aéreas del USGS). Además se pueden mostrar varios conjuntos de imágenes animadas, entre ellas las provenientes de los sensores MODIS y GLOBE.

### **Capas adicionales**

Con la instalación base se pueden mostrar capas de datos que muestren las banderas de los países, topónimos, líneas de latitud y longitud, densidad de población, puntos de interés y otros datos.

Además se pueden descargar más capas adicionales como aplicaciones. Una de las capas disponibles como ampliación, llamada Wikipedia, muestra puntos de interés en la Tierra con enlaces a la Wikipedia.

### **Competencia**

#### **Google Earth**

Google Earth, anteriormente conocido como Keyhole, es muy similar a World Wind. La resolución de las imágenes es mayor en Google Earth que en World Wind, pero las imágenes de World Wind son de dominio público mientras que las de Google Earth no. Además World Wind es ampliable, mientras que Google Earth contiene una funcionalidad cerrada.

#### **4.4.5. MSN Virtual Earth**

El servicio de Microsoft ofrece funciones similares a 'Google Maps' y 'Google Local'. Permite hacer zoom con la rueda del ratón, recordar el último sitio donde ha estado el usuario y un 'ScratchPad' para guardar algunos lugares encontrados. Además, 'Virtual Earth' incluye una aplicación llamada 'Locate Me' (Localízame, en español) que determina dónde se encuentra el usuario a través de conexiones a Internet WiFi.

'MSN Virtual Earth' está integrado con 'MSN Spaces', permite hacer un mayor zoom que 'Google Maps', pero algunas de las áreas mostradas son antiguas fotografías pancromáticas, por ejemplo, la zona del World Trade Center, donde las Torres Gemelas aún siguen de pie.

#### **4.4.6. GIMS**

GIMS, o Geomatica Image Management System, es un sistema para la gestión de datos geoespaciales. Desarrollado por las empresas PCI Geomatics y Oracle, GIMS es una solución corporativa robusta, diseñada para manejar el almacenamiento, procesamiento, y acceso de múltiples tipos de datos geoespaciales, incluyendo aerofotografías, imágenes satelitales, mapas escaneados, tablas de metadata, texto y otros.

Usando Oracle 10g y el nuevo formato GeoRaster, las imágenes pueden ahora ser accesadas usando SQL de la misma manera que texto y que data vectorial, simplificando la tarea de buscar y encontrar las imágenes.

Con GIMS, toda la data geoespacial puede ser almacenada ahora en una única ubicación.

El marco modular GIMS permite que los componentes de sistemas necesarios sean añadidos conforme se necesiten.

El núcleo del sistema incluye utilitarios para cargar datos en la Base de Datos el Oracle 10g, inclusive imágenes y metadata asociada.

El sistema soporta cualquier software que lea Oracle incluso iSMART de eSpatial como interfaz Web o PCI Geomatica como cliente pesado.

La funcionalidad incluye:

- Almacenamiento integrado de los diversos tipos de datos geoespaciales
- Utilitarios de carga optimizados
- Acceso en línea a imágenes mediante sentencias SQL
- Seguimiento automatizado de diferentes versiones de la imagen. Por ejemplo imágenes de la misma zona pero de diferente: fecha, resolución, numero de bandas.
- Soporte a mas de 100 formatos geoespaciales

- Amplia batería analítica

#### **4.4.7. ArcGIS Image Server**

ArcGIS Image Server es una plataforma para la gestión, procesamiento y distribución de imágenes geográficas. Ofrece acceso rápido y abierto a las imágenes.

Permite difundir grandes colecciones de información raster con rapidez a una gran variedad de clientes, minimizando el tiempo entre la captura y la explotación y sin generar necesariamente información intermedia que puede complicar la gestión diaria de la información.

Así la información llega rápidamente a los usuarios sin necesidad de preprocesarla ni cargarla en una base de datos ya que el procesamiento necesario se realiza en el servidor al vuelo y bajo demanda.

El programa resuelve los cuellos de botella en el flujo de trabajo tradicional con imágenes. El servidor combina el procesamiento de imágenes con la distribución de las mismas, permitiendo la creación de nuevas soluciones basadas en Internet que maximizarán el uso y el valor de la información contenida en las imágenes en el contexto de los sistemas de información geográfica.

El procesamiento dinámico de imágenes es una de las características fundamentales. Permite que se procese la información contenida en las imágenes antes de ser enviada a la aplicación cliente. El servidor está preparado para publicar servicios que difundan imágenes en diferentes estados de procesamiento desde imágenes en bruto como pueden ser fotografía aérea o imágenes de satélite sin tratar, hasta productos completamente terminados como pueden ser un mosaico de ortofotos ya balanceado y corregido.

Entre las funcionalidades de procesamiento dinámico de imágenes cabe destacar los realces y perfilados, combinaciones y álgebra de bandas, ortorectificación, fusión de imágenes, cálculos sobre modelos de elevación y generación de mosaicos. Además cuenta con dos extensiones que amplían la funcionalidad que ofrece el servidor: Ortho y Seamless Mosaic.

Ortho añade la capacidad de realizar transformaciones 3D a la información corrigiendo al mismo tiempo las deformaciones derivadas del terreno gracias al uso de un modelo digital del terreno en el proceso de transformación. Los parámetros de orientación

pueden venir definidos por el modelo geométrico de la cámara o por los RPC (Rational Polynomial Coefficients) disponibles con las imágenes de satélite.

La extensión Seamline Mosaic permite la generación de mosaicos de imágenes con costuras no regulares en oposición a la funcionalidad estándar que permite la generación de mosaicos de imágenes adyacentes que simplemente se superponen. Esta extensión dispone de una herramienta para la detección y edición de la localización óptima de la costura entre las imágenes.

La potencia de procesamiento del servidor permite que se puedan publicar múltiples productos raster a partir de una misma fuente de datos, con diferente tratamiento radiométrico y geométrico e incluso con diferentes opciones de compresión.

Esta capacidad elimina los problemas asociados a la gestión de la información generada en los distintos estadios de procesamiento reduciendo lógicamente también los requerimientos de espacio en disco.

#### **4.4.8. ArcGIS Explorer**

ArcGIS Explorer es un cliente ligero incluido en ArcGIS Server. Es una aplicación desktop que ofrece acceso, integración y consumo de servicios SIG, contenido geográfico (2D y 3D) y otros servicios Web.

Puede acceder a una gran variedad de servicios de los productos de su misma empresa ESRI. Además permite combinar datos procedentes de los servidores con datos locales, entre éstos, archivos shape, geodatabases, KML e información raster en formato JPEG 2000, GeoTIFF, MrSID e IMG.

ArcGIS Explorer integra la riqueza de la información geográfica y la potencia del geoprocésamiento en servidor, gracias al acceso directo vía Web que ofrece a las funcionalidades GIS de ArcGIS Server.

ArcGIS Explorer permite:

- Explorar información de todo el globo de manera continua
- Combinar sus datos locales con los servicios ofrecidos por ArcGIS Server, ArcIMS, servidores OGC WMS, y servicios ArcWeb Services publicados por ESRI Inc.
- Realizar análisis GIS utilizando "tareas" (por ejemplo, visibilidad, modelización de áreas idóneas, búsquedas por proximidad)

- Responder a preguntas teniendo en cuenta la variable espacial con sus mapas y compartir fácilmente los resultados obtenidos.

Utilizar servicios, mapas e información procedentes de sus propios servidores corporativos.

#### **4.5. Software de código abierto y OGC**

##### **4.5.1. Software de código abierto**

El software de código abierto, "Open Source", se define técnicamente como aquel en que se hace disponible el código fuente para modificaciones y redistribución por parte del público en general. La Open Source Initiative (OSI) es una organización dedicada a la promoción del software abierto. Fue fundada en febrero de 1998 por Bruce Perens y Eric S. Raymond.

El software libre ofrece al tercer mundo alternativas de desarrollo sostenible. La posibilidad de vincularse sinérgicamente a los diferentes movimientos y proyectos de software libre sin salir de sus fronteras geográficas, simplemente con el acceso a la red de redes Internet facilita el acceso de nuestros especialistas al verdadero conocimiento que hay detrás en el tema.

Las bondades del software libre no se limitan al acceso de las herramientas. La posibilidad de conocer como funciona la lógica y los algoritmos permite que desarrolladores locales puedan mejorar la funcionalidad retroalimentar a las diferentes comunidades mundiales.

Estos mismos especialistas con software propietario solo pueden participar en el desarrollo reportando errores y fallas inesperadas de las plataformas; situación que va en detrimento de la calidad conceptual e investigativa de los mismos.

Con software libre se pueden distribuir versiones propias que compilen y mejoren diferentes proyectos, respetando los respectivos derechos de autor que no son ajenos bajo la licencia de uso público.

##### **4.5.2. Open Geospatial Consortium (OGC)**

El OGC (Open Geospatial Consortium) es el organismo de orden internacional encargado de especificar e implementar los aspectos relevantes de los Sistemas de Información Geográfica Abiertos y temas relacionados. Agrupa 333 empresas, agencias de gobierno, y universidades participando en un proceso de consenso para

desarrollar especificaciones de geoprocésamiento disponibles a nivel del público en general. [25]

Las interfaces y protocolos definidos por las especificaciones OpenGIS soportan soluciones con interoperabilidad a nivel de puerto que habilitan procesamientos geoespaciales en un entorno Web, incluyendo sistemas wireless, servicios basados en locación (LBS) así como estructuras de tecnología de información corporativa.

Los productos GIS se dividen de acuerdo a OGC en dos categorías basados en que tan cercanos se encuentran a las especificaciones OpenGIS® de OGC: "Compliant Products", y Productos Implementadores, que aun no han pasado la prueba de cumplimiento (compliance).

Para la producción de metadatos, se tiene la posibilidad de implementación dentro del esquema de la base de datos, incluyendo también las funciones implementadas del Open GIS [26] para los sistemas de coordenadas; estas funciones no están a disposición en el motor de bases de datos de manera predeterminada, por lo que deben ser desarrolladas por el especialista en SIG.

En general para que software desarrollado bajo los estándares OGC llegue a ser un "software abierto" exitoso se deben cumplir las siguientes condiciones:

- El software es diseñado de manera modular de forma tal que diversos programadores puedan luego contribuir a enriquecerlo sin demasiadas complicaciones.
- El software está muy bien documentado
- Los procesos de diseño y desarrollo del núcleo del software deben ser transparentes.

La distribución de servicios de información geográfica, nace cuando es necesario para una organización que diferentes usuarios o clientes, muchas veces anónimos, puedan consultar e interactuar con información espacial. El medio de distribución puede ser a través de un servidor de base de datos en una Intranet, o en Internet por medio de un servicio Web de mapas.

Para el primer caso la infraestructura tecnológica se reduce al montaje del motor de base de datos PostgreSQL, lo que implica abrir un puerto de comunicaciones del servidor, así diferentes clientes de una Red de área Local LAN disponen de los servicios de Base de Datos de acuerdo a los permisos de acceso a la información.

La implementación del servicio Web de mapas, está especificada por el OpenGis con el documento WMS1.3, el cual provee operaciones de protocolo que permite la creación y visualización de información espacial de diversas fuentes remotas y heterogéneas.

Una especificación adicional para servicios de información vectorial Web es el WFS1.0, el cual especifica las mismas operaciones de protocolo. El proyecto de software libre MapServer, que es desarrollado por la Universidad de Minnesota, desarrolla las dos especificaciones del OpenGis. Su modo de funcionamiento está basado en la generación de lado del servidor Web de imágenes estáticas (JPEG, GIF, PNG, etc.) como resultado del proceso de las peticiones realizadas por los clientes. Estas imágenes son referenciadas posteriormente dentro de la interfaz de usuario que se le envía al cliente.

El proyecto MapServer aprovecha las contribuciones realizadas por parte de otros proyectos de software libre, por ejemplo usa un servidor Apache para la puesta en alta de los servicios de información, se complementa con librerías para el manejo de formatos comerciales de información geográfica, como ShapeLib y FreeType, así como para el manejo de proyecciones cartográficas, y el manejo de información Raster con GDAL y OGR, entre otras dependencias.

De manera sinérgica, en torno a MapServer también han surgido otros proyectos de software libre, que se han apoyado en la funcionalidad básica para construir aplicaciones de mayor riqueza, ejemplos de esta tendencia son MS4W, MapLab y VisualBasicGIS , proyectos de enriquecimiento sistémico que se han desarrollado sobre la plataforma Windows© principalmente.

Una nueva posibilidad esta dada por el gestor de Base de Datos llamado PostgreSQL que es de código abierto (open source). Para manejar información geográfica se puede utilizar una extensión llamada PostGIS que permite almacenar objetos geográficos, crear índices especiales sobre los datos geográficos y realizar operaciones básicas sobre los objetos geográficos.

### **4.5.3. PostgreSQL**

PostgreSQL es un gestor de Base de Datos de código abierto desarrollado a partir del gestor Posgres desarrollado en la Universidad de California. Si bien no es un gestor orientado a objetos ya que utiliza el modelo relacional, incluye algunas características de la teoría de objetos.

Aunque PostgreSQL nació como un proyecto de investigación, hoy en día está catalogado como el gestor de Base de Datos de código abierto más avanzado. Ya es considerado por la industria como un gestor de Base de Datos que está alcanzando los niveles que tienen otros gestores comerciales, especialmente en combinación con el sistema operativo Linux.

Está disponible para múltiples sistemas operativos como Linux, Windows y distintas versiones de Unix y plataformas de hardware.

#### **4.5.4. PostGIS.**

PostGIS es una extensión de PostgreSQL de libre uso, desarrollado por la empresa canadiense Refrations Research Inc. Implementa un estándar para el manejo de información geográfica en una Base de Datos.

La especificación del estándar fue creada por el Open GIS Consortium, cuya intención es promover la estandarización dentro del área de los sistemas de información geográfica.

El estándar que implementa PostGIS es el "Simple Features Specification for SQL". Este estándar extiende el Lenguaje Estructurado de Consultas (SQL) con operaciones para manipular información geográfica, como algo nativo del lenguaje. Para eso extiende los tipos de datos básicos con nuevos tipos geográficos como puntos, líneas o polígonos, define el formato en que deben ser almacenados y las operaciones para manipularlos.

A las sentencias del lenguaje se le agrega comandos para crear objetos, tablas, índices y utilizar operadores geográficos.

#### **4.5.5. Plataformas por lenguajes de implementación**

El software Open Source GIS puede ser caracterizado en dos grupos de desarrollo independientes.

El Grupo 'C' que desarrollan las plataformas:

- UMN Mapserver,
- GRASS GIS,
- Quantum GIS,
- GDAL/OGR,



- OSSIM,
- Proj4,
- GEOS,
- MapGuide OS,
- OpenEV
- OpenJUMP,
- gvSIG,

Este grupo incluye el uso de lenguajes interpretados (scripting languages) que se pliegan fácilmente a librerías 'C', como Pitón, Per. y PHP.

El Grupo 'Java' trabaja en las plataformas:

- GeoTools,
- uDig,
- GeoServer,
- JTS,
- JUMP,
- DeeGree,

El proyecto PostGIS/PostgreSQL, a pesar de que el PostGIS esta escrito en 'C', por virtud de interfaces estándar de BD como Libpq (C/C++), ODBC y JDBC (Java), es usado por ambos grupos.

El Mapserver es también usado por desarrollos Java vía enlaces JNI (Java Native Interface) bindings, o vía los protocolos WMS y WFS del OpenGIS.

Hay una tercera categoría que no tiene demasiado que ver con los lenguajes de programación: los aplicativos WEB. Esta categoría incluye diversos toolkits y servicios Web, tales como mapeo, que suministran una interfaz basada en browser a los servicios Web espaciales, tales como mapeo o gestión de imágenes georeferenciadas

Entre los toolkits más notables en la categoría de mapeo Web tenemos:.

### **MapBuilder**

Esta enfocado a proveer herramientas de Cliente para el despliegue y edición de servicios Web Open Source, particularmente interfaces basadas en JavaScript y DHTML. Mapbuilder fue inicialmente concebido para desplegar documentos de contexto Web Map de acuerdo a las especificaciones OGC en páginas Web. Sin

embargo su diseño modular permite que sea extendido para manejar casi cualquier documento tipo XML.

### **ka-Map!**

Es un proyecto Open Source que apunta a proveer un API de JavaScript para el desarrollo de interfaces de mapeo Web altamente interactivas utilizando características disponibles en los mas modernos browsers de Web. En particular usa un sistema de acceso y despliegue por zonas (tiles) similar al de Google Maps que resulta en una experiencia fluida y de alta performance. Los lenguajes de implementación son: JavaScript, DHTML y PHPMapscript.

### **Mapbender**

Desarrollado en Alemania, usa la infraestructura de datos espaciales de ese país para una variedad de portales de mapeo por Web. El Mapbender Client Suite es un marco para el manejo de servicios basados en datos espaciales. Provee interfaces para desplegar, navegar, y consultar en un entorno de servicios que cumple con los estándares WMS de OGC. Incluye interfaces para administración de usuario y de grupos así como para acceder a mapas desplegados por el OGC Web Map Services. La siguiente versión incluirá soporte a funcionalidad WFS y servicios de catalogo.

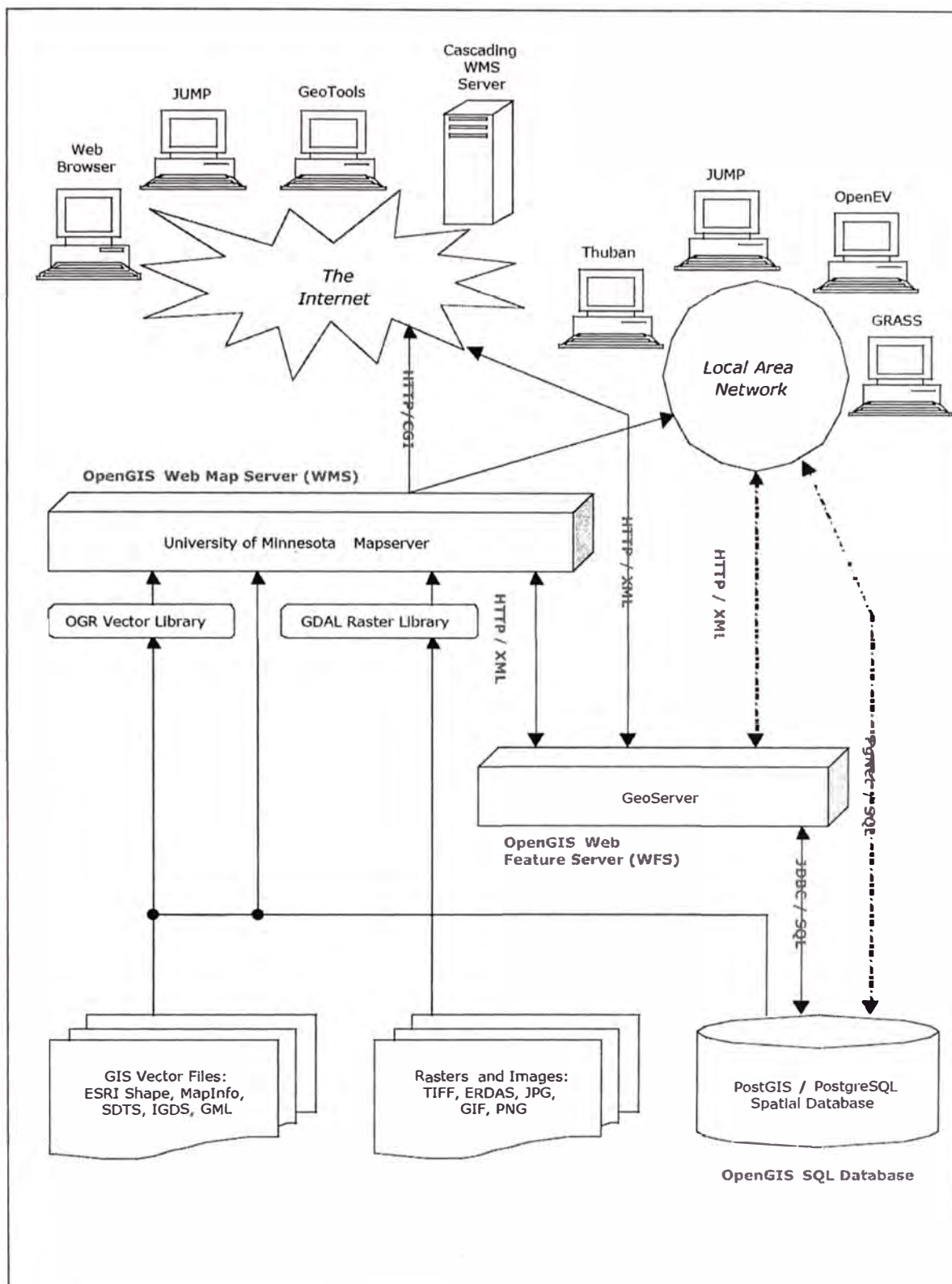


Fig. 4.2. Componentes en Entorno OGC

## **CAPITULO V**

### **CUADROS COMPARATIVOS**

#### **5.1. Generalidades**

No es una tarea muy viable lograr una comparación directa y equitativa entre los productos mencionados en este estudio principalmente por la diversidad de enfoque existente.

Los productos que se han presentado son de diverso matiz. Hay un grupo que son mas bien sistemas de información geográfica con servicios asequibles a través de Internet, como MapXtreme o MapGuide; otros que son básicamente callejeros de búsqueda de direcciones como MapQuest, otros que son proyectos Open Source como ka-Map!, un grupo que son servidores de mapas como Google Maps, otro servidores netos de imágenes georeferenciadas como ERM IWS, otro que son mayormente presentadores tridimensionales de imágenes georeferenciadas como World Wind, MSN Virtual Earth y finalmente otro producto que es básicamente un estándar de servicio que devuelve mapas renderizados como imagen en tiempo real, el OGC WMS.

Por tanto hemos realizado una selección de los productos mas representativos tratando de conservar el criterio de mayor similaridad de enfoque, priorizando los mas difundidos.

Adicionalmente al cuadro comparativo de productos de distribución de información geoespacial también se incluye un cuadro comparativo entre dos entornos de programación, Java y ASP.net ya que esta fue una decisión real que hubo que tomar para el desarrollo del prototipo descrito en el Capitulo VI.

### 5.1.1. Cuadro comparativo de entorno de programación

El presente informe nos presenta una visión comparativa sobre las bondades y limitaciones entre las arquitecturas de desarrollo ASP.NET y JAVA/PHP. Esto permitió apoyar decisiones respecto del desarrollo del sistema de visualización de imágenes y consulta presentado en el Capítulo VI.

Adicionalmente al criterio de desarrollo se considera también la optimización en el uso de espacio y rapidez de despliegue.

#### Criterio 1: Despliegue de Imágenes

OPCION	ASP.NET	JAVA / PHP
PRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Presentación de Imágenes.</b> Permite la creación de controles (cuadros de texto, botones, pictures, etc...), que para este caso se desarrolló un control de mapas, el cual se hace propicia para manejar la interfaz de visualización con propiedades y características muy interesantes para este tipo de trabajos con imágenes.</li> <li>▪ <b>Imágenes Raster Comprimidas.</b> Las imágenes TIF son de gran tamaño. Esta arquitectura nos permite la lectura de imágenes comprimidas (formato ECW) de una forma más sencilla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presentación de varios tipos de imágenes pero la lectura es algo más estructurada.</li> </ul>
CONTRA		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para el tratamiento de imágenes, las realiza sobre el mismo browser, llevando a esta una demora a la hora de regenerar alguna consulta de visualización. Para mejorar esto, necesita de otras aplicaciones.</li> </ul>

▪ **Criterio 2: Progresividad**

OPCION	ASP.NET	JAVA / PHP
PRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Manejo de Ajax.</b> El trabajar con Ajax nos permite crear aplicaciones web interactivas. La finalidad es lograr una sensación de interactividad total al realizar intercambios de información con el servidor sin la necesidad de recargar toda la página web.</li> <li>▪ <b>Escalabilidad y disponibilidad.</b> ASP.NET se ha diseñado teniendo en cuenta la escalabilidad, con características diseñadas específicamente a medida, con el fin de mejorar el rendimiento en entornos agrupados y de múltiples procesadores. Además, el motor de tiempo de ejecución de ASP.NET controla y administra los procesos de cerca, por lo que si uno no se comporta adecuadamente (filtraciones, bloqueos), se puede crear un proceso nuevo en su lugar, lo que ayuda a mantener la aplicación disponible constantemente para controlar solicitudes.</li> <li>▪ <b>Posibilidad de personalización y extensibilidad.</b> ASP.NET presenta una arquitectura bien diseñada que permite a los programadores insertar su código en el nivel adecuado. De hecho, es posible extender o reemplazar cualquier subcomponente del motor de tiempo de ejecución de ASP.NET con su propio componente escrito personalizado. La implementación de la autenticación personalizada o de los servicios de estado nunca ha sido más fácil.</li> </ul>	
CONTRA		

**Criterio 3: Licencias**

OPCION	ASP.NET	JAVA / PHP
PRO		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El software necesario para ejecutar aplicaciones es software libre. (GNU/Linux). [PHP]</li> </ul>
CONTRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso bajo Licencia propietario.</li> <li>▪ Para emular en Sistemas operativos OpenSource deben cancelarse la licencia.</li> </ul>	

**Criterio 4: Rendimiento**

OPCION	ASP.NET	JAVA / PHP
<b>PRO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Mejor rendimiento.</b> Es un código de Common Language Runtime compilado que se ejecuta en el servidor, puede aprovechar las ventajas del enlace anticipado, la compilación just-in-time, la optimización nativa y los servicios de caché desde el primer momento. Esto supone un incremento espectacular del rendimiento antes de siquiera escribir una línea de código.</li> <li>▪ <b>Eficacia y flexibilidad.</b> Debido a que ASP.NET se basa en Common Language Runtime, la eficacia y la flexibilidad de toda esa plataforma se encuentra disponible para los programadores de aplicaciones Web. La biblioteca de clases de .NET Framework, la Mensajería y las soluciones de Acceso a datos se encuentran accesibles desde el Web de manera uniforme. ASP.NET es también independiente del lenguaje, por lo que puede elegir el lenguaje que mejor se adapte a la aplicación o dividir la aplicación en varios lenguajes.</li> </ul>	
<b>CONTRA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Corre significativamente más despacio que si corriera en hardware real. [JAVA]</li> <li>▪ La legibilidad del código puede verse afectada al mezclar sentencias HTML y PHP. [PHP]</li> </ul>

### Criterio 5: Arquitectura

OPCION	ASP.NET	JAVA / PHP
PRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Compatibilidad con herramientas de primer nivel.</b> El marco de trabajo de ASP.NET se complementa con un diseñador y una caja de herramientas muy completos en el entorno integrado de programación (Integrated Development Environment, IDE) de Visual Studio. La edición WYSIWYG (lo que se ve es lo que obtiene), los controles de servidor de arrastrar y colocar y la implementación automática son algunas de las características que proporciona esta eficaz herramienta.</li> <li>▪ <b>Simplicidad.</b> ASP.NET facilita la realización de tareas comunes, desde el sencillo envío de formularios y la autenticación del cliente hasta la implementación y la configuración de sitios. Por ejemplo, el marco de trabajo de página de ASP.NET permite generar interfaces de usuario, que separan claramente la lógica de aplicación del código de presentación, y controlar eventos en un sencillo modelo de procesamiento de formularios como por ejemplo, de tipo Visual Basic. Además, Common Language Runtime simplifica la programación, con servicios de código administrado como el recuento de referencia automático y el recolector de elementos no utilizados.</li> <li>▪ <b>Facilidad de uso.</b> ASP.NET emplea un sistema de configuración jerárquico, basado en texto, que simplifica la aplicación de la configuración al entorno de servidor y las aplicaciones Web. Debido a que la información de configuración se almacena como texto sin formato, se puede aplicar la nueva configuración sin la ayuda de herramientas de administración local. Esta filosofía de "administración local cero" se extiende asimismo a la implementación de las aplicaciones ASP.NET Framework. Una aplicación ASP.NET Framework se implementa en un servidor sencillamente mediante la copia de los archivos necesarios al servidor. No se requiere el reinicio del servidor, ni siquiera para implementar o reemplazar el código compilado en ejecución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Programas portables a cualquier plataforma (que cuente con una JVM). [JAVA]</li> <li>▪ Multisistema Operativo. [PHP]</li> <li>▪ Código fuente disponible. [PHP]</li> <li>▪ La plataforma Java, ofrece la posibilidad de acceder a aplicaciones a través de la web con acceso instantáneo a los programas. [JAVA]</li> </ul>
CONTRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Código cerrado, sólo visto por sus desarrolladores (en algunos casos).</li> <li>▪ Solo Servidores y/o equipos con sistema Operativo Windows de Microsoft, aunque ahora se puede bajo LINUX, previa copia de algunos archivos necesarios para su buen funcionamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No cuenta con IDE para la depuración de errores. [PHP]</li> </ul>

### Criterio 6: Seguridad

OPCION	ASP.NET	JAVA / PHP
PRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Seguridad.</b> Con la autenticación de Windows integrada y la configuración por aplicación, se puede tener la completa seguridad de que las aplicaciones están a salvo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las aplicaciones de Java resultan extremadamente seguras, ya que no acceden a zonas delicadas de memoria o de sistema, con lo cual evitan la interacción de ciertos virus. [JAVA]</li> <li>▪ La seguridad se integra en el momento de compilación, con el nivel de detalle y de privilegio que sea necesario. [JAVA]</li> </ul>



### 5.1.2. Cuadro Comparativo de Servidores de imágenes Georeferenciadas

<b>PRODUCTO CRITERIO</b>	<b>UMN Map Server</b>	<b>GIMS</b>	<b>Google Earth</b>	<b>Virtual Earth</b>	<b>World Wind</b>	<b>ArcGIS Explorer</b>
ARQUITECTURA	Basada en Web. Open Source	Interfaz Web usando eSpatial iSMART, o Cliente usando Geomatica de PCI	Standalone (aplicación autónoma),	Web Based, sólo usa Windows y MS Internet Explorer	.NET, C#, Plug-in, extensible (mas plug- ins), Open Source	.NET, cliente
SISTEMAS OPERATIVOS SOPORTADOS	Linux, Windows, Mac, Solaris	Linux, Windows, Mac, Solaris	Windows, Mac, Linux	Solo Windows	Solo Windows	Solo Windows
USO PRINCIPAL	Servidor de Datos Espaciales	distribución de alto volumen de imágenes georeferenciadas en ambientes corporativos	Localización sencilla de información sobre imágenes digitales en 3D	Presenta imágenes 3D.	Presenta imágenes 3D. Herramienta potente para cientificos y programadores que añadan funcionalidad	Cliente libre para ArcGIS Server  Presenta imágenes 3D
FUNCIONALIDAD DE DESPLIEGUE	Despliegue muy rápido usando WMS y Udig, manejo dinámico y veloz de re-proyecciones	Despliegue rápido usando ISMART o PCI Geomatica	KML permite insertar capas superpuestas sobre las imágenes. Buen manejo de transparencias. Baja extensibilidad programable.	Más posibilidades de control 3D.	Visualización científica y extensible con programación propia y Open Source	Despliegue lento tanto local como desde ArcGIS Online servers. Difícil manejo de etiquetas
FUNCIONALIDAD DE GESTION, PROGRAMACIÓN E INTEGRACIÓN	Soporte WMS, Soporte PHP, Pitón, Per., Ruby, Java, y	Integra texto, vectores y raster y metadata en una	A través de lenguaje KML se programa extensiones y acceso a mas datos	Javascript API disponible para programar	Soporte WMS	Cacheing menos limitado.

<b>PRODUCTO</b>	<b>UMN Map Server</b>	<b>GIMS</b>	<b>Google Earth</b>	<b>Virtual Earth</b>	<b>World Wind</b>	<b>ArcGIS Explorer</b>
<b>CRITERIO</b>						
DE DATOS	C#	sola BD. Seguimiento de versiones de imágenes. Usa Oracle 10G	El cacheing es limitado. Falta API para que aplicativos externos puedan consultar y enviar comandos a GE, y customizar funcionalidad.	extensiones		
FUNCIONALIDAD DE POST PROCESO DE IMAGENES	Baja	Extracción de Modelo de elevación. Monitoreo de Cambios.	Baja	Baja	Baja	Baja
CONTENIDO PRINCIPAL	imágenes en General	imágenes en General	imágenes Comerciales	Imág. Publicas	imágenes Publicas	imágenes propias
OGC	Open Source	NO	NO	NO	Open Source, Acceso a programas fuente	NO
COSTO	Sin Costo	US \$ 5-15,000	\$20, \$400, o \$600 (anual)	Sin Costo	Sin Costo	Sin Costo solo para usuarios de ArcGIS Server

## **CAPITULO VI**

### **DESARROLLO DE PROTOTIPO**

#### **6.1. Introducción**

Presentamos el desarrollo de un prototipo de servidor de imágenes georeferenciadas para el cual se consideraron las diversas alternativas explicadas en los capítulos anteriores respecto de optimización de almacenamiento, transmisión, y despliegue

Antes de proceder a la programación se evaluaron comparativamente las alternativas respecto de la arquitectura de la plataforma de desarrollo del sistema de visualización de imágenes y consulta entre:

1. ASP.NET, y
2. JAVA/PHP

De acuerdo al análisis realizado utilizando el cuadro comparativo presentado en el Capítulo V, acápite 5.1.1 'Cuadro comparativo de entorno de programación', se seleccionó el entorno de desarrollo ASP.NET.

#### **6.2. Consideraciones de diseño**

##### **6.2.1. Rendimiento**

Uno de los criterios principales fue la velocidad de despliegue de las imágenes en la pantalla.

Otro punto a considerar fue la optimización de manejo de alto volumen de almacenamiento requerido por los datos ya que se utilizó como data georeferenciada imágenes satelitales de la más alta resolución existente en el mercado, es decir, satélite QuickBird de 0.6 m de resolución espacial y con cuatro bandas espectrales.

El reto fue conseguir un tiempo de respuesta aceptable en un entorno Web con un volumen de imagen considerable.

Por tal motivo se debieron implementaron protocolos de compresión de imágenes, transmisión progresiva y de despliegue discriminado de la resolución espacial según los acercamientos sucesivos.

### **6.2.2. Costo**

Se determino conseguir el resultado al menor costo, lo cual significo trabajar con sistemas y programas de código abierto (Open Source) y que no requirieran el pago de licencias de instalación y o uso.

Se utilizo el programa Sharpmap como base el cual es Open Source y no tiene costo.

### **6.2.3. Visualizador Open Source Base**

La base de gestión de imágenes la proporciono el presentador de imágenes SharpMap escrito en C# 2.0 y que viene equipado con controles AJAX para manejo de procesos asincrónicos, así como con controles win-form.

### **6.2.4. Funcionalidad requerida**

- Acceso seguro al aplicativo en consulta, mediante validación de usuario y password.
- Facilidad de futuras ampliaciones, modificaciones y extensiones de la funcionalidad operativa del aplicativo.
- Manejo fácil e intuitivo por los usuarios finales.
- Buena performance, con tiempos de respuesta promedio de 3 segundos para consultas con baja densidad gráfica.
- Servicio de Login.
- Servicio de Cambio de Clave de Acceso.
- Servicio de Obtención de Información del Usuario.
- Presentación de Mensaje de Bienvenida al usuario.

## **6.3. Características del visualizador open source base**

### **6.3.1. Generales**

- Soporta PostGreSQL/PostGIS

- Soporta archivos Shape de ESRI
- Soporta Microsoft SQL Server
- Soporta Oracle
- Soporta OleDb
- Soporta capas de tipo WMS
- Soporta imágenes raster de tipo ECW y JPEG2000
- Uso dinámico del desplazamiento (pan) y visualización (zoom)
- Soporta geometrías de tipo Points, Linestrings, Polygons, MultiPoints, MultiLineStrings and MultiPolygons, \* Geometry Collections etc.
- Uso de temáticos bien definidos
- Completamente escrito en C# .NET 2.0

#### **6.3.2. Bases de datos soportadas**

- Archivos Shape de ESRI
- PostGreSQL/PostGIS
- OLEDB (solo geometrías de tipo Points)
- Microsoft SQL Server
- Oracle
- MapInfo File
- DGN
- CSV
- SQLite y ODBC

#### **6.3.3. Formatos raster soportados**

- Arc/Info ASCII Grid\*
- Arc/Info Binary Grid (.adf)\*
- AIRSAR Polarimetric\*
- Microsoft Windows Device Independent Bitmap (.bmp)\*
- BSB Nautical Chart Format (.kap)\*
- VTP Binary Terrain Format (.bt)\*
- CEOS (Spot for instance)\*

- First Generation USGS DOQ (.doq)\*
- DODS / OPeNDAP\*
- New Labelled USGS DOQ (.doq)\*
- Military Elevation Data (.dt0, .dt1)\*
- ERMapper Compressed Wavelets (.ecw)\*
- ESRI .hdr Labelled\*
- ENVI .hdr Labelled Raster\*
- Envisat Image Product (.n1)\*
- EOSAT FAST Format\*
- FITS (.fits)\*
- Graphics Interchange Format (.gif)\*
- GMT Compatible netCDF\*
- GRASS Rasters\*
- TIFF / GeoTIFF (.tif)\*
- Hierarchical Data Format Release 4 (HDF4)\*
- Hierarchical Data Format Release 5 (HDF5)\*
- Erdas Imagine (.img)\*
- Vexcel MFF2\*
- Idrisi Raster\*
- Image Display and Analysis (WinDisp)\*
- ILWIS Raster Map (.mpr,.mpl)\*
- Japanese DEM (.mem)\*
- JPEG JFIF (.jpg)\*
- JPEG2000 (.jp2, .j2k)\*
- JPEG2000 (.jp2, .j2k)\*
- JPEG2000 (.jp2, .j2k)\*
- JPEG2000 (.jp2, .j2k)\*
- NOAA Polar Orbiter Level 1b Data Set (AVHRR)\*
- Erdas 7.x .LAN and .GIS\*
- Daylon Leveller Heightfield\*
- In Memory Raster\*
- Vexcel MFF\*
- Multi-resolution Seamless Image Database\*
- Meteosat Second Generation\*

- NDF\*
- NITF\*
- NetCDF\*
- OGD Bridge\*
- PCI .aux Labelled\*
- PCI Geomatics Database File\*
- Portable Network Graphics (.png)\*
- PCRaster (.map)\*
- Netpbm (.ppm, .pgm)\*
- Swedish Grid RIK (.rik)\*
- RadarSat2 XML (product.xml)\*
- USGS SDTS DEM (CATD.DDF)\*
- Raster Matrix Format (.rsw, .mtw)\*
- SAR CEOS\*
- SGI Image Format\*
- USGS ASCII DEM (.dem)\*
- X11 Pixmap (.xpm)\*

#### **6.3.4. Requerimientos de software**

- Microsoft .NET 2.0 Framework
- Internet Information Server 5.0+ para aplicaciones ASP.NET
- ER Mapper ECW SDK para soporte de archivos comprimidos de tipo ECW, lo cual agiliza la rapidez de carga en la visualización de imágenes.

#### **6.3.5. Requerimientos de hardware**

- Pentium IV o superior
- Memoria de 1GB o superior
- Disco duro de 80GB
- Tarjeta de video PCI Express de 512MB

## 6.4. Descripción del prototipo

### 6.4.1. Interfaz de Acceso

Permite el acceso de usuarios registrados, los permisos estarán de acuerdo a un grupo que se le asigne a cada usuario.

Cada usuario tiene un cierto número de intentos de acceso, esto lo determina el usuario administrador, de no lograr ingresar los datos correctos, el sistema bloqueará al usuario, debiendo este comunicar al administrador del sistema para las acciones respectivas.

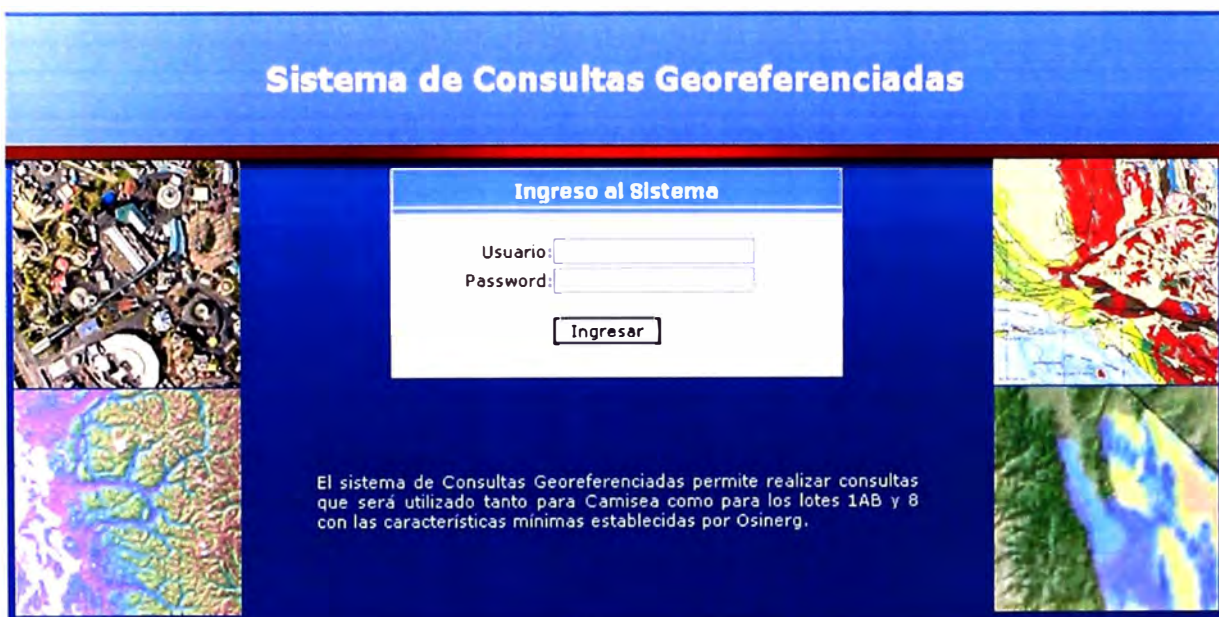


Fig. 6.1 Pantalla de Acceso

### 6.4.2. Mapa de inicio

Todos los usuarios que acceden al sistema verán esta interfaz donde se mostrarán unas áreas de trabajo en un primer momento y una adicional cuando se quiera buscar imágenes por algún criterio de búsqueda, eso se detalla a continuación:

El área 4 y 5 se mostrarán cuando se haga click al botón de Búsqueda.



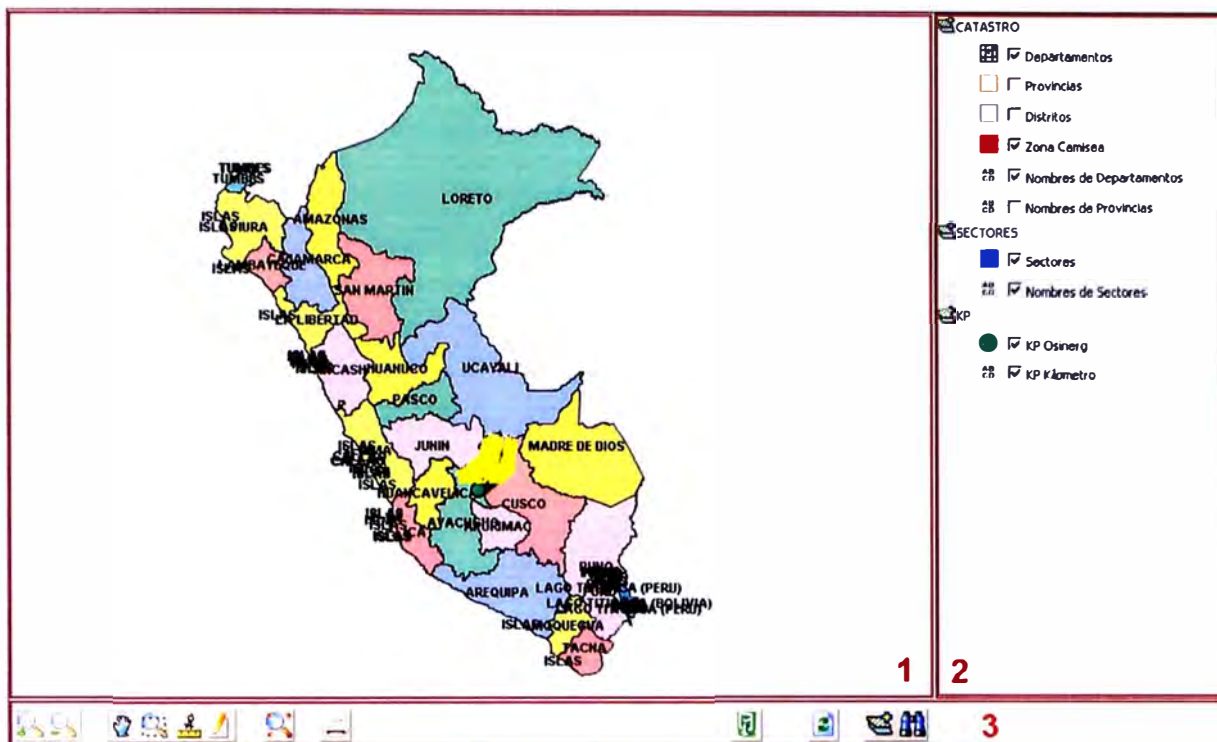


Fig. 6.2 Mapa de Inicio

#### 6.4.3. Área de visualización

Señalada con el Numeral 1. Aquí se muestra las imágenes de acuerdo al criterio de búsqueda que se ha realizado en el área 4

#### 6.4.4. Área de capas

Señalada con el Numeral 2. Consta de tres grupos: CATASTRO, SECTORES E IMÁGENES. Esta última se mostrará cuando se realice alguna consulta de imágenes.

#### 6.4.5. Área de Opciones

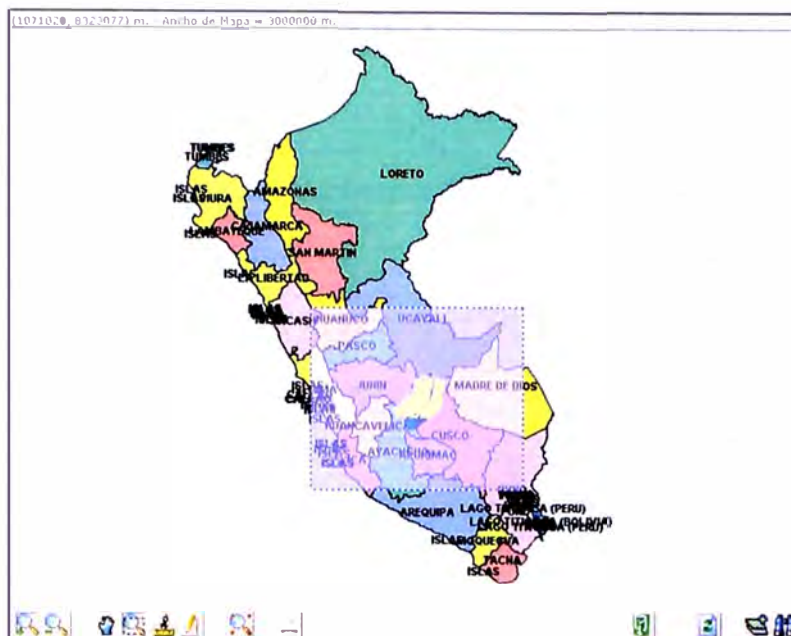
Señalada con el Numeral 3.



*Zoom in 2p*

Aumenta el acercamiento y el nivel de visualización de los elementos del mapa.

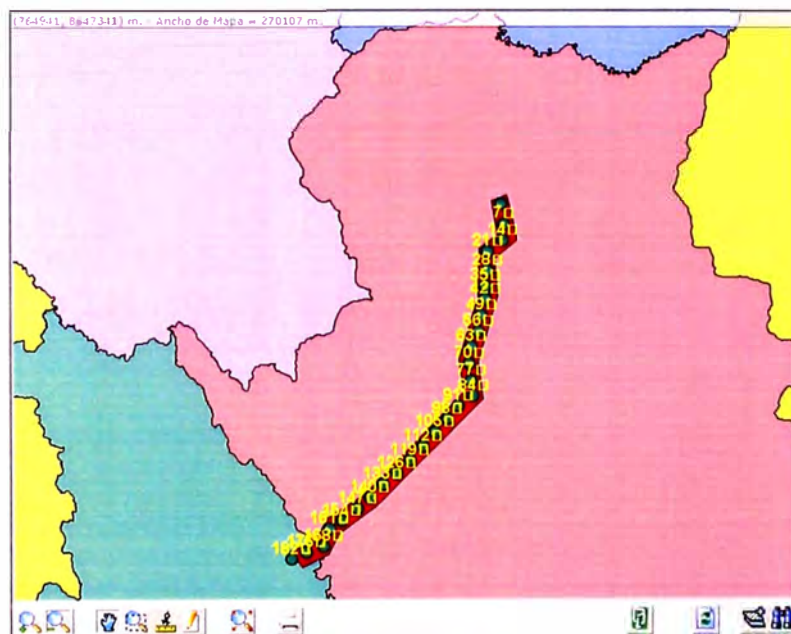
Para ello, luego de activar esta opción debe formar el cuadro en la región en que se desea ampliar el nivel de visualización.



Zoom in / Pan

Aumenta el nivel de visualización de los elementos del mapa y nos permite también el desplazamiento el dibujo manteniendo presionado el mouse.

Para ello, luego de activar esta opción se debe hacer clic en el área a ampliar.



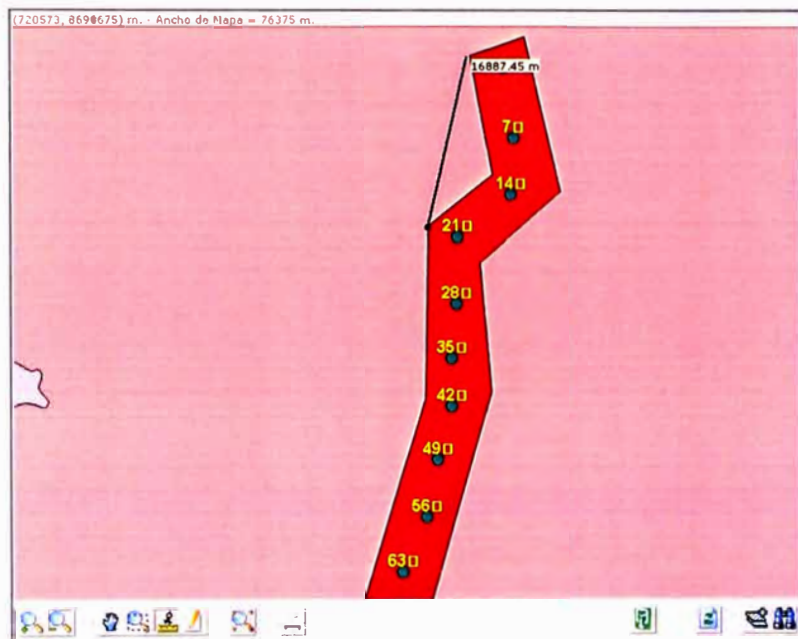
Zoom out (también tiene la opción "Pan")

Disminuye el nivel de visualización de los elementos del mapa y nos permite también el desplazamiento el dibujo manteniendo presionado el mouse.

Para ello, luego de activar esta opción se debe hacer click en el área deseada.

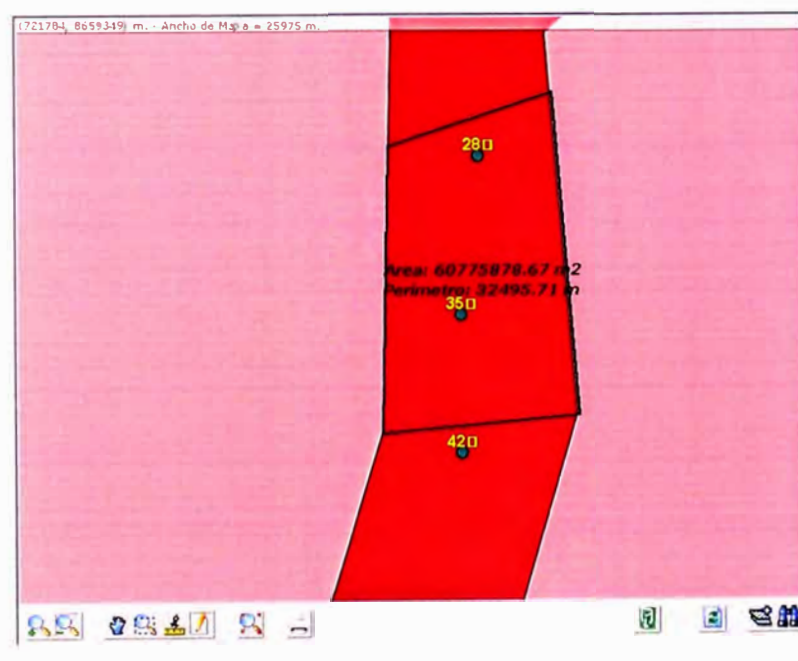
 *Medir Distancia*

Podemos medir una distancia usando esta opción.



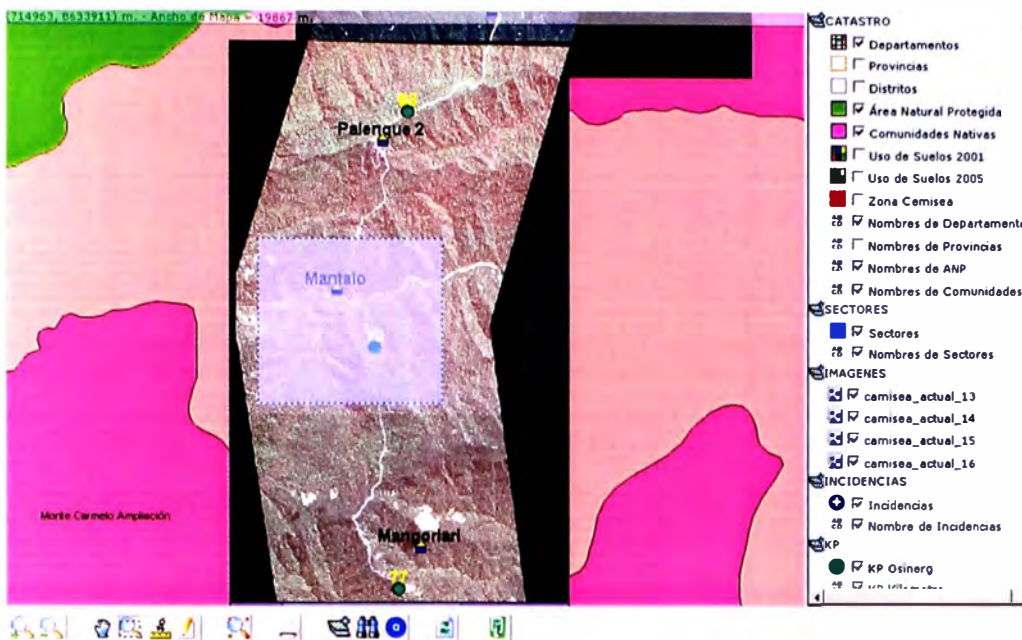
 *Medir Area*

Donde calculamos el área y perímetro determinado dependiendo la zona que queramos calcular.

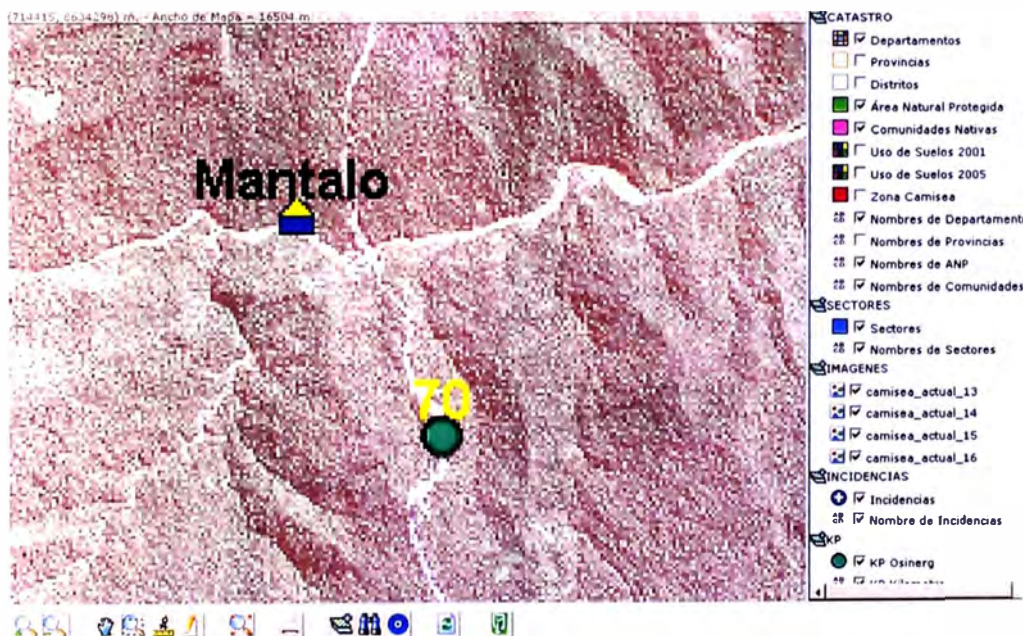


**Apertura de Imagen:** Donde abrimos una capa e imágenes correspondientes a la zona seleccionada.

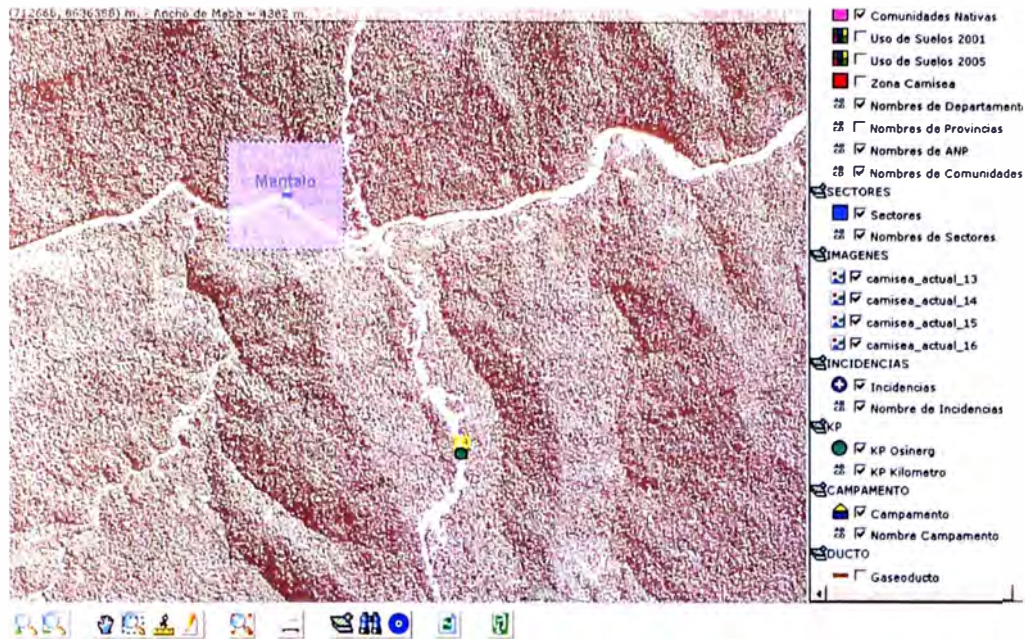
**Acercamiento:** Marcamos un recuadro donde queremos realizar el acercamiento.



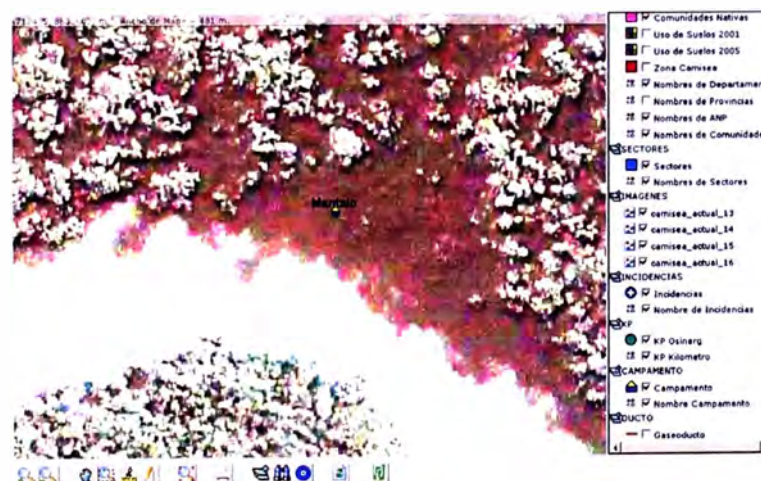
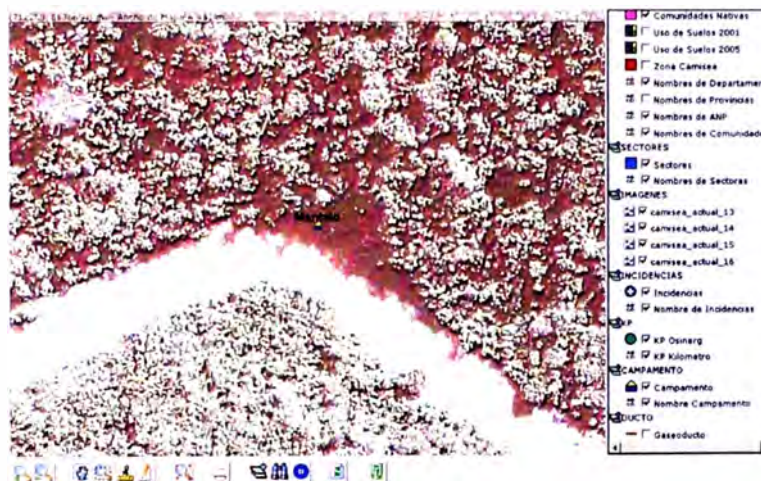
Vemos que se realiza el acercamiento e inicialmente se despliega en baja resolución lo cual se aprecia debido al *pixelamiento* (cuadrícula aparente) de la presentación.



Luego de pocos segundos apreciaremos que la imagen se pone más nítida, y el *pixelamiento* desaparece (ver siguiente Figura). Esto es una muestra patente la capacidad de **DESPLIEGUE PROGRESIVO** que tiene el aplicativo.



Nuevamente solicitamos acercamientos sucesivos (zonas azules) y veremos en los siguientes cuadros los resultados.



## CONCLUSIONES

A manera de resumen listamos las principales conclusiones del presente estudio:

1. Existe un adelanto creciente en la tecnología de adquisición de imágenes tanto ópticas como multiespectrales y de radar a través de sensores diversos a bordo de plataformas satelitales que orbitan la Tierra.
2. Esta tecnología esta difundida en un número creciente de empresas y entidades públicas. Hay programas de lanzamiento de satélites de observación de la Tierra en países tan disímiles como: EEUU, Rusia, China, Corea, India, Brasil, Chile, Francia, Alemania, Reino Unido, Italia y Japón.
3. El avance en el software de tratamiento, análisis, y uso aplicativo es notable especialmente en campos como: manejo de recursos naturales, prevención y atención de emergencias, gestión del medio ambiente [9], procesos agropecuarios, prospección geológica, minería y petróleo, gestión de redes de transmisión y distribución de energía, agua y alcantarillado.
4. La cantidad de usuarios de este tipo de sistemas y de información georeferenciada crece exponencialmente.
5. El volumen de datos disponible aumenta también exponencialmente.
6. Se hace necesario desarrollar e implementar tecnologías que aumenten la eficacia y eficiencia de los procesos relacionados con la captura, tratamiento, almacenamiento, acceso, transmisión, y despliegue de grandes volúmenes de este tipo de información en entornos Internet.
7. Hay tecnologías, existentes y en desarrollo, para atender estos requerimientos tanto en el ámbito comercial como en el académico e institucional.
8. Existen esfuerzos de organismos como EL OGC para estandarizar parámetros que permitan la interoperabilidad entre múltiples soluciones.
9. Existen esfuerzos organizados por promover el uso de software libre en el

desarrollo de soluciones alrededor de esta temática.

10. Mediante la revisión de las alternativas existentes ha sido posible identificar y acceder al empleo de elementos de bajo costo para desarrollar un prototipo de sistema de visualización y consulta de información georeferenciada incluyendo imágenes satelitales de alto volumen de forma que cumpla con requerimientos de diseño exigentes respecto del volumen de datos a manejar y de tiempo óptimo de despliegue.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BALTSAVIAS, EMMANUEL, EP (1999) Airborne laser scanning: existing systems. and firms and other resources.
- [2] BALBUENA GARCIA RAUL, 2000, Estudio Piloto de Viabilidad de Uso Imágenes de Alta Resolución para Cartografía Censal INEI.
- [3] BARTHELLO, M. and POLLACK, J., 2001, WebGIS for road/rail conditions and rapid routing. In 14th Annual Geographic Information Science Conference (Baltimore, MD: AAG).
- [4] GOODCHILD, M.F., 1992, Geographical data modeling. Computers and Geosciences, 18, pp. 401–408.
- [5] BERTOLOTTO, M. and EGENHOFER, M.J., 2001, Progressive transmission of vector data over the World Wide Web. GeoInformatica, , 5, pp. 345–373
- [6] SMITH, STEPHEN, 2004, The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing
- [7] KUZINA, T. Y., 2000, Investigación e implementación de los algoritmos del campo de visión dinámica por computadora.
- [8] SMITH, STEPHEN, 2004, The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing
- [9] RAUSCHENBACH, U. and SCHUMANN, H., 1999, Demand-driven image transmisión with levels of detail and regions of interest. Computers and Graphics, 23, pp. 857–866.
- [10] BARNSLEY, M., 1989, Fractals Everywhere (San Diego, CA: Academic Press).
- [11] GRØNBÆK, K., VESTERGAARD, P.P. and ØRBÆK, P., 2002, Towards geo-spatial hypermedia: Concepts and prototype implementation. In Proceedings of the Thirteenth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia (College Park, MD: ACM), pp. 117–126.



- [12] GUTTMAN, A., 1984, R-trees: A dynamic index structure for spatial searching. In Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (Boston, MA: ACN), pp. 47–54.
- [13] BECKMANN, N., KRIEGEL, H.P., SCHNEIDER, R. and SEEGER, B., 1990, The R\*-tree: an efficient and robust access method for points and rectangles. In Proceedings of ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (Atlantic City, NJ: ACM), pp. 322–331.
- [14] SAMET, H., 1984, The quadtree and related hierarchical data structure. ACM Computing Surveys, 16, pp. 187–260.
- [15] YANG, C., 2000, Theory, Techniques and Implementation Methods of WebGIS, Unpublished Ph.D. dissertation (Beijing: Peking University) (in Chinese).
- [16] PLEWE, B., 1997, GIS Online: Information Retrieval, Mapping, and the Internet, pp. 6–14 (Santa Fe, NM: OnWord Press).
- [17] SRINIVAS, B.S., LADNER, R., AZIZOGLU, M. and RISKIN, E.A., 1999, Progressive transmission of image using MAP detection over channels with memory. IEEE Transactions on Image Processing, 8, pp. 462–475
- [18] KERN, P. and CARSWELL, J.D., 1994, An investigation into the use of JPEG image compression for digital photogrammetry: Does the compression of images affect measurement accuracy? In Proceedings of EGIS'94, Paris, pp. 694–701.
- [19] BUTTENFIELD, B.P., 2002, Transmitting vector geospatial data across the Internet. In Geographic Information Science—Second International Conference GIScience 2002, M. Egenhofer and D. Mark (Eds.), Lecture Notes in Computer Science Vol. 2478 (Berlin: Springer), pp. 51–64.
- [20] MORLET, J. and GROSSMAN, A., 1984, Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape. SIAM Journal on Mathematical Analysis, 15, pp. 723–736.
- [21] XUE, Y., CRACKNELL, A.P. and GUO, H.D., Telegeoprocessing: the integration of remote sensing, Geographic Information System (GIS), Global Positioning System (GPS) and telecommunication. International Journal of Remote Sensing, 23, pp. 1851–1893.

- [22] HOPPE, H., 1996, Progressive meshes. In Proceedings of SIGGRAPH'96 (New York: ACM), pp. 99–108.
- [23] COORS, V. and FLICK, S., 1998, Integrating levels of detail I a Web-based 3D GIS. In Proceedings of the Sixth ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems (Washington, DC: ACM), pp. 40–45.
- [24] BARCLAY, T., GRAY, J. and SLUTZ, D., 1999, Microsoft TerraServer: A Spatial Data Warehouse, Microsoft Technical Report, [http://research.microsoft.com/users/Tbarclay/MicrosoftTerraServer\\_TechnicalReport.doc](http://research.microsoft.com/users/Tbarclay/MicrosoftTerraServer_TechnicalReport.doc)
- [25] OGC, 2003, Geography Markup Language (GML) v3.0, OGC Document Number: 00-029, <http://www.opengis.org/techno/documents/02-023r4.pdf>
- [26] BUEHLER, K. and MCKEE, L., 1998, The OpenGIS Guide, 3rd ed., <http://www.opengis.org/techno/guide/guide/Guide980629.rtf>