

## Índice

Índice.....	1
Índice de Ilustraciones.....	3
Introducción.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1. Introducción a la Percepción Remota .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1 Conceptos básicos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2 Elementos de la percepción remota.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3 Radiación electromagnética.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.1 Propiedades de las ondas electromagnéticas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4 El espectro electromagnético .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.5 Obtención de la información.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.6 Interacción radiación - materia.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.7 Imágenes obtenidas en percepción remota .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2. Imagen Digital .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1 Percepción visual .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.1 Elementos de la percepción visual .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.2 Formación de la imagen en el ojo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2 Imagen .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3 Tipos de imágenes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4 Imagen digital .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5 Muestreo y cuantización.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.6 Modelos de color.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.7 Representación de imágenes digitales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.8 Procesamiento digital de imágenes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.9 Imágenes digitales en percepción remota.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.9.1 Elementos de una imagen digital .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.9.2 Características de una imagen digital .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3. Imagen Digital Multiespectral .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.1 Imagen digital multiespectral.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2 Despliegue de imágenes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.3 Patrones y clase de patrones .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.4 Ruido y artefactos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.5 Relaciones de vecindad .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

3.6 Campos vectoriales en una imagen multiespectral .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4. Textura Multiespectral .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.1 Textura.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2 Primitivas de textura.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.3 Características texturales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.4 Clasificación de textura .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.5 Matriz de co-ocurrencia.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.6 Textura multiespectral .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.6.1 Descomposición en componentes principales.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.6.2 Divergencia de una Imagen digital multiespectral.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5. El Algoritmo Lbp .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.1 Análisis de texturas con patrones locales binarios.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.2 Formalismo teórico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.3 Contraste y patrones de textura.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.4 Modificaciones al algoritmo LBP para imágenes multiespectrales	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6 Métodos y Materiales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.1 Aeropuerto de la Ciudad de México .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.2 Sur del Distrito Federal Xochimilco, Tláhuac .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.3 Volcán Popocatepetl e Iztacíhuatl.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
7.- Conclusiones .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
A. Plataformas Orbitales .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
A.1 Plataformas geoestacionarias .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
A.1.1 Goes 9.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
A.2. Plataformas polares .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
A.2.1 Aster.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
A.2.2 Landsat 7.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
A.2.3 Spot 5.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
A.2.4 Quickbird 2 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
A.2.5 Ikonos 2.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
B. El sistema Landsat.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Bibliografía.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Software desarrollado .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Imagen MODIS de la Tierra .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 2 Elementos Básicos de la Percepción Remota.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 3 Trayectorias de las plataformas Orbitales.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 4 Dispositivos de entrada y salida en el campo de la percepción remota.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Ilustración 5 Espectro electromagnético .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 6 Geometría de observación en percepción remota	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 7 Componentes Radiométricos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 8 Imagen óptica de la Ciudad de México (Composición a color RGB de las bandas 4,5 y3) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 9 Imagen de radar ASAR del norte del golfo de México, estado de Tamaulipas. Obtenida de: <a href="http://earth.esa.int">http://earth.esa.int</a> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 10 Representación visual de una imagen digital a través de una escala de niveles de gris .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 11 El ojo humano .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 12 Corte horizontal del ojo humano .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 13 Densidad de conos y bastones en el ojo humano .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>definido.</b>	
Ilustración 14 Ejemplos de imágenes binarias .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 15 Ejemplos de imágenes en escala de grises .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 16 Ejemplos de imágenes en color .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 17 Muestreo y cuantización de imágenes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 18 Modelo de color RGB.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 19 Representación visual de una imagen digital con los valores numéricos de los píxeles correspondientes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 20 Realce de imágenes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 21 Restauraciones de imágenes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 22 Segmentación de imágenes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 23 Región a segmentar delimitada por las líneas azul y roja .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>definido.</b>	
Ilustración 24 Segmentación de zonas .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 25 Segmentación espectral.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 26 Ejemplo de una segmentación de tipo contextual .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>definido.</b>	
Ilustración 27 Representación de una segmentación de tipo contextual..	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>definido.</b>	
Ilustración 28 Esquema general que muestra la generación de una imagen digital multispectral a partir de una escena dada .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 29 Respuesta lineal de un sensor remoto frente a una cierta radiación incidente .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 30 Elementos de una Imagen digital .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 31 Imagen Digital Multispectral.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

- Ilustración 32 Imagen en tonos de gris ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 33 Pseudocoloración de una imagen ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 34 Composición RGB de la imagen multiespectral (Bandas 7,4 y2) ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 35 Imagen multiespectral de cuatro bandas ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 36 Código de Freeman..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 37 Tipos de conectividad ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 38 Sistema de vecindad circular ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 39 Ejemplo de campo vectorial..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 40 Campo vectorial formado por un subconjunto de valores de pixeles de una imagen multiespectral empleando las bandas 1 y 7 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 41 Textura de una escena..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 42 Diferentes ejemplos de textura..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 43 Superficie generada por los valores de los pixeles de la Banda 1, la cual muestra la textura que representa dicha banda ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 44 Primeras dos bandas de una imagen multiespectral Landsat TM..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 45 Representación de la descomposición en componentes principales..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 46 Imagen multiespectral del valle de México ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 47 Primeras tres componentes principales de la imagen multiespectral del valle de México..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 48 Campos vectoriales..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 49 Imagen obtenida al aplicar el algoritmo LBP a una imagen monoespectral ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 50 Relaciones del operador LBP con otros métodos de textura.. **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 51 Diferentes conjuntos de vecinos circulares simétricos con valores de P y R diferentes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 52 Composición RGB (7, 4,2) del valle de México ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 53 Composición RGB (7, 4,2) del Aeropuerto de la Ciudad de México..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 54 Primera Componente Principal sin bordes del aeropuerto de la Ciudad de México..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 55 Primera Componente Principal con bordes del aeropuerto de la Ciudad de México..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 56 Divergencia de la Primera Componente Principal sin bordes del aeropuerto de la Ciudad de México ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 57 Divergencia de la Primera Componente Principal con bordes del aeropuerto de la Ciudad de México ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 58 Mapa del área de Texcoco..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 59 Primera componente principal del área de Texcoco sin bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 60 Primera componente principal del área de Texcoco con bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**

- Ilustración 61 Divergencia de la Primera componente principal del área de Texcoco sin bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 62 Divergencia de la Primera componente principal del área de Texcoco con bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 63 Mapa de Ciudad Netzahualcóyotl..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 64 Primera Componente Principal del área de Netzahualcóyotl sin bordes .. **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 65 Primera Componente Principal del área de Netzahualcóyotl con bordes . **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 66 Divergencia de la Primera Componente Principal del área de Netzahualcóyotl sin bordes..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 67 Divergencia de la Primera Componente Principal del área de Netzahualcóyotl con bordes..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 68 Composición RGB (7, 4,2) de la zona de Xochimilco y Tláhuac ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 69 Primera componente del sur del Valle de México sin bordes **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 70 Primera componente del sur del Valle de México con bordes**¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 71 Divergencia de la Primera componente del sur del Valle de México sin bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 72 Divergencia de la Primera componente del sur del Valle de México con bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 73 Mapa de la zona de Chalco ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 74 Primera Componente Principal de la zona de Chalco sin bordes..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 75 Primera Componente Principal de la zona de Chalco con bordes..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 76 Divergencia de la Primera Componente Principal de la zona de Chalco sin bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 77 Divergencia de la Primera Componente Principal de la zona de Chalco con bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 78 Mapa del área de Xochimilco..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 79 Primera componente principal del área de Xochimilco sin bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 80 Primera componente principal del área de Xochimilco con bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 81 Divergencia de la Primera componente principal del área de Xochimilco sin bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 82 Divergencia de la Primera componente principal del área de Xochimilco con bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 83 Composición RGB (7, 4,2) de los volcanes Popocatepetl e Iztacíhuatl .. **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 84 Primera componente principal de los volcanes Popocatepetl e Iztacíhuatl sin bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 85 Primera componente principal de los volcanes Popocatepetl e Iztacíhuatl con bordes ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 86 Divergencia de la Primera componente principal de los volcanes Popocatepetl e Iztacíhuatl sin bordes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 87 Divergencia de la Primera componente principal de los volcanes Popocatepetl e Iztacíhuatl con bordes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 88 Imagen del volcán Popocatepetl.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 89 Primera componente principal del volcán Popocatepetl sin bordes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 90 Primera componente principal del volcán Popocatepetl con bordes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 91 Divergencia de la Primera componente principal del volcán Popocatepetl sin bordes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 92 Divergencia de la Primera componente principal del volcán Popocatepetl con bordes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 93 Imagen del volcán Iztacíhuatl.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 94 Primera componente principal del volcán Iztacíhuatl sin bordes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 95 Primera componente principal del volcán Iztacíhuatl con bordes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 96 Divergencia de la Primera componente principal del volcán Iztacíhuatl sin bordes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 97 Divergencia de la Primera componente principal del volcán Iztacíhuatl con bordes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 98 Imagen Goes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 99 Imagen Aster .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 100 Imagen Landsat.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 101 Imagen Spot.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 102 Imagen Quickbird .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 103 Imagen Ikonos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 104 Satélite Landsat.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>