



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA GEODÉSICA  
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## Máster en Ingeniería Geomática y Geoinformación

# Detección semi-automatizada de incidencias catastrales a partir de datos LiDAR del término municipal de Alboraiá

Autora: Bárbara Martínez Botella

Tutor: Jorge Abel Recio Recio

JULIO 2017



## RESUMEN

El presente Trabajo Final de Máster muestra la metodología seguida para la detección de incidencias catastrales en el municipio de Alboraiá mediante el uso de datos LiDAR y Sistema de Información Geográfica con el objetivo de facilitar y agilizar de forma semi-automática las tareas de revisión y actualización cartográfica de la Dirección General de Catastro. Para solventar la dificultad de detectar tanto nuevas construcciones como cambios en altura en edificaciones existentes a partir de las sombras que proyectan los edificios sobre las ortofotos, en muchas ocasiones se opta por la actualización completa de la cartografía y que supone un coste considerablemente elevado. Por ello, la metodología empleada pretende semi-automatizar el proceso de detección de las incidencias minimizando los costes y tiempo y permitiendo, además, al técnico de campo localizar las mismas en su tarea de comprobación mediante la generación de un Mapa de Incidencias. Se utilizan datos disponibles de PNOA y de Catastro y se analizan y comparan distintas variaciones de la metodología propuesta. Los pasos seguidos en este trabajo van a ser:

1. Descarga de todos los datos considerados necesarios en este estudio.
2. Pre-procesado de los datos de partida mediante los diferentes software utilizados para adecuarlos al estudio y poder obtener los diferentes shapefiles, ortofotos y modelos necesarios para integrarlos en la metodología empleada.
3. Obtención y aplicación de los umbrales de altura considerados en la metodología para la detección de incidencias y su posterior revisión.
4. Obtención de un Mapa de Incidencias detectadas.

Por último, se va a hacer un análisis de los resultados obtenidos valorando lo acertado o no que es el método utilizado, así como unas conclusiones y posibles mejoras.

## ABSTRACT

This Master Final Project shows the methodology for detecting Cadastral incidents in the municipality of Alboraiá using LiDAR and GIS data in order to facilitate and expedite semi-automatic review tasks and cartographic update of the General Directorate of Cadastre. In order to overcome the difficulty of detecting both new constructions and changes in height in existing buildings from the shadows projected by the buildings on orthophotos, it is often opted for the complete updating of the cartography and which entails a considerable high cost. Therefore, the methodology employed seeks to semi-automate the process of detection of incidents minimizing costs and time and also allowing the field technician to locate the same in their task of verification. Available data from PNOA and Cadastre are used and different variations of the proposed methodology are analyzed and compared. The steps followed in this work are going to be:

1. Download all data considered necessary in this study.
2. Pre-processing of the starting data using the different software used to adapt them to the study and to obtain the different shapefiles, orthophotos and models necessary to integrate them into the methodology used.
3. Obtaining and applying the height thresholds considered in the methodology for the detection of incidents and their subsequent review.
4. Getting the Map of Detected Incidents.

Finally, it is going to make an analysis of the obtained results assessing the accurate or not that is the method used and conclusions and possible improvements.

## RESUM

El present Treball Final de Màster presenta la metodologia seguida per a la detecció d'incidències cadastrals al municipi d'Alboraiá per mitjà de l'ús de dades LiDAR i Sistema d'Informació Geogràfica amb l'objectiu de facilitar i agilitzar de forma semi-automàtica les tasques de revisió i actualització cartogràfica de la Direcció General de Cadastre. Per a resoldre la dificultat de detectar tant noves construccions com canvis en altura d'edificacions existents a partir de les ombres que projecten els edificis sobre les ortofotos, moltes vegades s'opta per l'actualització completa de la cartografia i que suposa un cost considerablement elevat. Per això, esta metodologia pretén semi-automatitzar el procés de detecció de les incidències minimitzant els costos i temps i permetent, a més, al tècnic de camp localitzar les mateixes en la seua tasca de comprovació. "S'utilitzen dades disponibles de PNOA i de Cadastre i s'analitzen i comparen distintes variacions de la metodologia proposada. Els passos seguits en este treball seran:

1. Descàrrega de totes les dades considerats necessaris en aquest estudi.
2. Pre-processat de les dades de partida per mitjà dels diferents software utilitzats per a adequar-los a l'estudi i poder obtindre els diferents shapefiles, ortofotos i models necessaris per a integrar-los en la metodologia empleada.
3. Obtenció i aplicació dels llinars d'altura considerats en la metodologia per a la detecció d'incidències i la seua posterior revisió.
4. Obtenció d'un Mapa d'incidències detectades.

Finalment, es va a fer una anàlisi dels resultats obtinguts valorant l'encert o no que és el mètode utilitzat, així com unes conclusions i possibles millores.



## ÍNDICE

RESUMEN .....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. ESTUDIOS PREVIOS.....	13
2.1. Concepto del Impuesto sobre Bienes Inmuebles.....	13
2.2. Conceptos sobre regularización catastral .....	13
2.3. Ejecución de la regularización catastral .....	16
3. ZONA DE ESTUDIO.....	19
3.1. Ubicación.....	19
3.2. Datos de interés .....	21
3.3. Regularización catastral del municipio de Alboraiá .....	23
4. OBJETIVO DEL PROYECTO .....	24
5. DATOS DE PARTIDA .....	25
5.1. Ortoimágenes.....	25
5.1.1. Características generales ortoimagen .....	25
5.2. Nube de puntos LiDAR.....	27
5.2.1. Características generales LiDAR.....	27
5.3. Cartografía catastral.....	28
6. METODOLOGÍA .....	31
6.1. Pre-procesado del shapefile de Catastro .....	37
6.2. Pre-procesado de las ortoimágenes PNOA (2010).....	38
6.2.1. Unión y recorte de la ortoimagen .....	38
6.2.2. Extracción de la vegetación .....	38
6.2.2.1. Combinación de bandas para obtener la vegetación:.....	39
6.2.2.2. Cálculo de la máscara de sombras .....	41
6.2.2.3. Obtención de la vegetación sin las sombras .....	43
6.2.2.4. Obtención de umbral vegetación/no vegetación .....	45
6.2.2.5. Máscara de vegetación final.....	45
6.2.2.6. Segmentación de la máscara para eliminar píxeles aislados .....	49
6.2.2.7. Conversión de ráster a vectorial .....	49
6.3. Pre-procesado de los datos LiDAR.....	50
6.3.1. Unión de los ficheros .las de la zona de estudio.....	50

6.3.2. Recorte de la nube de puntos con la capa de la zona de estudio .....	51
6.3.3. Eliminación de outliers .....	52
6.3.4. Selección de los puntos pertenecientes al suelo.....	53
6.3.4.1. Extraer puntos clasificados como “suelo” y recorte mediante shapefile de construcciones .....	54
6.3.4.2. GroundFilter .....	56
6.3.5. Generación del Modelo Digital de Elevaciones .....	58
6.3.5.1. Cálculo del RMSE de los MDE.....	59
6.3.6. Selección de los puntos pertenecientes a la superficie.....	62
6.3.6.1. Eliminación de la clase “Vegetación” del archivo .LAS.....	62
6.3.6.2. Eliminación de vegetación mal clasificada mediante los polígonos de vegetación .....	63
6.3.7. Generación del Modelo Digital de Superficie .....	64
6.3.8. Generación del Modelo Digital de Superficie normalizado.....	65
6.4. Obtención de alturas.....	66
6.4.1. Obtención de la densidad mínima de puntos por parcela .....	66
6.4.1.1. Buffer de -0.25m .....	67
6.4.1.2. Cálculo de la densidad de puntos por polígono .....	68
6.4.2. Separación de los polígonos según su uso principal.....	71
6.4.3. Altura LiDAR y altura LiDAR ponderada según área del polígono .....	72
6.4.4. Altura media por planta catastral.....	73
6.4.4.1. Método 1.....	74
6.4.4.2. Método 2.....	76
6.4.4.3. Método 3.....	77
6.4.4.4. Método 4.....	79
6.5. Obtención de los umbrales y detección de incidencias .....	83
6.5.1. Generación de los mapas de incidencias.....	87
6.5.1.1. Mapa de incidencias de Alboraiá .....	88
6.5.1.2. Mapa de incidencias de industrial.....	90
6.5.1.3. Mapa de incidencias de Patacona .....	92
6.5.1.4. Mapa PortSaplaya .....	94
6.6. Evaluación de la detección de incidencias .....	96



---

6.6.1. Revisión mediante muestras .....	96
6.6.2. Matriz de confusión .....	98
6.7. Análisis de los errores cometidos en la detección de incidencias .....	102
7. CONCLUSIONES .....	109
8. POSIBLES MEJORAS .....	110
9. AGRADECIMIENTOS .....	111
10. REFERENCIAS .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Alboraiá en la provincia de Valencia.....	19
Fig. 2. Municipio de l’Horta Nord.....	20
Fig. 3. Port Saplaya y Patacona en el T. M. de Alboraiá.....	20
Fig. 4. Disposición de las hojas a escala 1:50000.....	21
Fig. 5. Esquema de Alboraiá.....	22
Fig. 6. Ortofotos correspondientes a Alboraiá.....	26
Fig. 7. Características técnicas de la ortoimagen PNOA.....	27
Fig. 8. Nube de puntos LiDAR en RGB.....	28
Fig. 9. Shapefile CONSTRU.....	30
Fig. 10. Esquema método 1, 2 y 3.....	32
Fig. 11. Esquema método 4.....	33
Fig. 12. Campo generado para el uso de las parcelas.....	37
Fig. 13. Usos de las parcelas de Alboraiá.....	37
Fig. 14. Ortoimagen PNOA recortada según zona de estudio.....	38
Fig. 15. Combinación de bandas 1.....	40
Fig. 16. Combinación de bandas 2.....	40
Fig. 17. Estadísticas de las ROIs de sombras.....	41
Fig. 18. Máscara de sombras 1.....	41
Fig. 19. Máscara de sombras 2.....	42
Fig. 20. Máscara de sombras 3.....	43
Fig. 21. Vegetación sin sombras 1_1, 1_2 y 1_3.....	44
Fig. 22. Vegetación sin sombras 2_1, 2_2 y 2_3.....	45
Fig. 23. Máscara final vegetación 1, sombra 1 y umbral 1.2.....	46
Fig. 24. Máscara final vegetación 1, sombra 2 y umbral 1.2.....	46
Fig. 25. Máscara final vegetación 1, sombra 3 y umbral 1.2.....	47
Fig. 26. Máscara final vegetación 2, sombra 1 y umbral 1.15.....	47
Fig. 27. Máscara final vegetación 2, sombra 2 y umbral 1.1.....	48
Fig. 28. Máscara final vegetación 2, sombra 3 y umbral 1.1.....	48
Fig. 29. Máscara final sin píxeles aislados.....	49
Fig. 30. Unión de los ficheros .LAS.....	51
Fig. 31. Recorte de fichero .LAS según zona de estudio.....	52
Fig. 32. Fichero .LAS sin outliers.....	53
Fig. 33. Nube de puntos clase “Ground”.....	55
Fig. 34. Comando Dissolve.....	56
Fig. 35. Nube de puntos con recorte de polígonos.....	56
Fig. 36. MDE_1 y MDE_2 generados.....	59
Fig. 37. Nube de puntos LiDAR en formato vectorial.....	60
Fig. 38. Correspondencia de Z LiDAR y Z del campo “Cota_Lidar”.....	60
Fig. 39. Selección de 100 pts representativos del terreno.....	61

Fig. 40. Fichero .LAS sin clase “Vegetación” .....	63
Fig. 41. Fichero .LAS libre de vegetación.....	64
Fig. 42. MDS sin vegetación .....	65
Fig. 43. MDSn sin vegetación .....	66
Fig. 44. Puntos en el límite de las parcelas de estudio .....	67
Fig. 45. Buffer de -0.25m.....	68
Fig. 46. Cálculo densidad de puntos por polígono .....	69
Fig. 47. Patios en edificaciones elevadas .....	70
Fig. 48. Patios sin retorno de la señal .....	70
Fig. 49. Piscinas sin retorno de la señal.....	70
Fig. 50. Municipio de Alboraiá según su uso.....	71
Fig. 51. Obtención de la Altura LiDAR .....	72
Fig. 52. Obtención de la Altura LiDAR ponderada según área .....	73
Fig. 53. Selección por localización de puntos con distancia -1m .....	75
Fig. 54. Estadísticas de la altura de los puntos de suelo .....	75
Fig. 55. Estadísticas de la altura de los polígonos de suelo.....	77
Fig. 56. Estadísticas del campo “Altura_LiDAR_pond” y del campo “Shape_Area” .....	78
Fig. 57. Cálculo de la cota LiDAR por polígono.....	80
Fig. 58. Calculo de la cota terreno por polígono .....	81
Fig. 59. Obtención de la altura de edificación para cada polígono .....	82
Fig. 60. Detección de incidencias .....	86
Fig. 61. Revisión incidencias mediante muestras.....	98
Fig. 62. Tipos de error por exceso de suelo.....	103
Fig. 63. Tipo de error “Puntos vegetación no eliminados” en suelo.....	104
Fig. 64. Ejemplos de incidencias de suelo detectadas correctamente por el método .....	105
Fig. 65. Tipos de error por exceso de residencial.....	106
Fig. 66. Tipo de error “Comparte tejado con planta superior” en residencial.....	106
Fig. 67. Tipo de error “Construcción alta/baja para su planta” en residencial .....	107
Fig. 68. Tipos de error por defecto en industrial.....	108
Fig. 69. Tipo de error “Varias alturas en polígono” en industrial.....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1. Campos del shapefile CONSTRU .....	30
Tabla. 2. Resultados RMSE .....	62
Tabla. 3. Construcciones correspondientes por planta catastral.....	74
Tabla. 4. Resultados del método 1 .....	76
Tabla. 5. Resultados del método 2 .....	77
Tabla. 6. Resultados del método 3 .....	79
Tabla. 7. Resultados del método 4 .....	82
Tabla. 8. Resultados finales del método 4 .....	83
Tabla. 9. Matriz de confusión para suelo .....	101
Tabla. 10. Matriz de confusión para residencial .....	101
Tabla. 11. Matriz de confusión para industrial .....	102
Tabla. 12. Matriz de confusión global .....	102

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen distintos ámbitos que requieren disponer de los datos gráficos y alfanuméricos de suelos urbanos y rústicos como pueden ser el Catastro, el análisis y gestión medioambiental, el planeamiento urbanístico, etc. Por ello, estos datos deben mantenerse adecuadamente actualizados para obtener una correcta concordancia entre la realidad inmobiliaria y los diferentes análisis y estudios que se puedan derivar de ellos. En el caso que aborda este trabajo final de máster, es indispensable que la cartografía catastral así como su descripción catastral estén actualizadas ya que, aparte de la mencionada concordancia, los Ayuntamientos reciben, en gran medida, sus ingresos de lo recaudado mediante el Impuesto sobre Bienes Inmuebles (IBI). Este Impuesto es un tributo directo de carácter real, de titularidad municipal y exacción obligatoria que grava el valor catastral de los bienes inmuebles presentes en Catastro y su gestión se comparte entre la Dirección General de Catastro que realiza la gestión catastral y los Ayuntamientos que realizan la gestión tributaria; es por ello, también, necesario disponer de una base de datos geográfica catastral actualizada.

El proceso de actualización catastral se denomina regularización catastral y tiene por finalidad la incorporación en el Catastro inmobiliario de los bienes inmuebles tanto de urbana como de rústica con construcción, así como las alteraciones de sus características en supuestos de incumplimiento de la obligación de declarar de forma completa y correcta las circunstancias determinantes de un alta o modificación catastral. No obstante, para realizar el procedimiento de regularización es necesario identificar los inmuebles nuevos o que han sufrido cambios; esto, se ha venido haciendo mediante la combinación de ortofotografías y cartografía catastral, observando las diferencias que existen entre ambos datos, en ocasiones incluso con las sombras que proyectan los edificios en las ortofotos. Este método, al ser manual puede que resulte complejo y que no se disponga de forma continua de una actualización veraz por lo que, en ocasiones, se opte por la renovación completa de la cartografía y que supone un coste elevado.

Con el fin de minimizar tiempo y costes, este estudio, presenta una metodología que tiene por fin semi-automatizar el proceso de detección de incidencias mediante el contraste de ambos datos, ortofotografías y cartografía catastral, añadiendo, además, datos LiDAR. Los datos LiDAR permiten la obtención de una nube de puntos con coordenadas (X, Y, Z) del terreno y a partir de esta información, va a ser posible detectar los cambios en altura que van a permitir la identificación y localización de las incidencias catastrales; permitiendo, además, la generación de los Mapas de Incidencias que van a permitir al técnico de campo, localizar de forma fácil y sencilla, las parcelas con incidencias y permitiéndole saber qué es lo que se va a encontrar.

## 2. ESTUDIOS PREVIOS

A continuación, se pretende explicar algunos de los conceptos necesarios para entender la motivación de este Trabajo Final de Máster.

### 2.1. Concepto del Impuesto sobre Bienes Inmuebles

El Impuesto sobre Bienes Inmuebles (IBI) es un tributo directo de carácter real cuya base imponible se constituye por el valor catastral de los inmuebles que figuran en Catastro (en la actualidad sólo urbano y rústico). La gestión del Impuesto sobre Bienes Inmuebles está compartida entre la Dirección General del Catastro (gestión catastral) y los Ayuntamientos (gestión tributaria del Impuesto) que comprende recaudar y liquidar el impuesto, así como determinar el tipo de gravamen y las exenciones y bonificaciones que procedan según la ley. Es por ello, la necesidad de contar con un Catastro actualizado que permita al Ayuntamiento recaudar conforme a los bienes inmuebles actuales ya que buena parte de los ingresos del mismo son provenientes del IBI.

### 2.2. Conceptos sobre regularización catastral

Esta gestión tributaria por parte de los Ayuntamientos ha motivado la aprobación de un procedimiento de regularización catastral de los bienes inmuebles de Catastro que tiene la finalidad la lucha contra el fraude fiscal provocado por la falta de inscripción o modificación de las alteraciones físicas de determinados bienes inmuebles tanto en urbana como en rústica con construcción.

El proceso de regularización catastral tiene por objeto la incorporación al Catastro Inmobiliario de los bienes inmuebles urbanos y los bienes inmuebles rústicos con construcción, así como de las alteraciones de sus características, en los supuestos de incumplimiento de la obligación de declarar de forma completa y correcta las circunstancias determinantes de un alta o modificación, con el fin de garantizar la adecuada concordancia de la descripción catastral de los bienes inmuebles con la realidad inmobiliaria. Este procedimiento se ha pretendido que se desarrolle durante el período de años de 2013 a 2016 en todo el territorio nacional, excepto el País Vasco y Navarra, según la normativa seguida del Texto Refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2004, de 5 de marzo en su disposición adicional tercera. Para cada municipio, el período de regularización se establece a partir de la resolución generada por la Dirección General del Catastro y publicada en el “Boletín Oficial del Estado” y puede variar respecto al período mencionado.

A los interesados se les comunica la iniciación del procedimiento para que realicen, si lo consideran conveniente, alegaciones en un plazo de 15 días desde la comunicación. La

actualización o inserción de la descripción de los bienes inmuebles en Catastro surgen efecto desde el día después que se produjeron los hechos, actos o negocios que originen la incorporación o modificación catastral.

La regularización de la descripción catastral de los bienes inmuebles resultante del procedimiento supone la liquidación de la tasa de regularización catastral que es un tributo de carácter estatal; esta tasa debe ser abonada por el que tenga condición de sujeto pasivo del IBI en el momento de iniciación del procedimiento de la regularización y tiene la cuantía de 60 euros por cada uno de los inmuebles objeto de regularización.

A continuación, se muestra la Disposición Adicional tercera del Texto Refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2004, de 5 de marzo en el que se muestra todo lo descrito anteriormente de un modo más detallado.

“Disposición adicional tercera. Procedimiento de regularización catastral 2013-2016.

1. Sin perjuicio de lo establecido en el artículo 11 de este Texto Refundido, la incorporación al Catastro Inmobiliario de los bienes inmuebles urbanos y de los bienes inmuebles rústicos con construcción, así como de las alteraciones de sus características, podrá realizarse mediante el procedimiento de **regularización catastral**.

Este procedimiento se iniciará de oficio en los supuestos de incumplimiento de la obligación de declarar de forma completa y correcta las circunstancias determinantes de **un alta o modificación**, con el fin de **garantizar** la adecuada concordancia de la **descripción catastral** de los bienes inmuebles **con la realidad inmobiliaria**.

Será de aplicación el procedimiento de regularización, en lo no previsto por esta disposición, el régimen jurídico establecido en los artículos 11 y 12 de este Texto Refundido.

2. El procedimiento de regularización se aplicará en aquellos municipios y durante el período que se determinen mediante resolución de la Dirección General del Catastro, que deberá publicarse en el “Boletín Oficial del Estado” con anterioridad al 31 de diciembre de 2016. No obstante, el plazo previsto en dicha resolución podrá ser ampliado por decisión motivada del mismo órgano, que igualmente habrá de ser publicada en el “Boletín Oficial del Estado”.

Una vez publicada en el “Boletín Oficial del Estado” la citada resolución y durante el período al que se refiere la misma, las declaraciones que se presenten fuera del plazo previsto por la correspondiente normativa no serán objeto de tramitación conforme al procedimiento de incorporación mediante declaraciones regulado en el artículo 13, sin perjuicio de que la información que en ellas se contenga y los documentos que las acompañen se entiendan aportados en cumplimiento del deber de colaboración previsto en el artículo 36 y sean tenidos en cuenta a efectos del procedimiento de regularización.

Las actuaciones objeto de regularización quedarán excluidas de su tramitación a través de fórmulas de colaboración.

3. La tramitación del procedimiento de regularización se realizará conforme a las siguientes previsiones:

a) El procedimiento de regularización se iniciará de oficio por acuerdo del órgano competente. La iniciación se comunicará a los interesados, a quienes se concederá un **plazo de 15 días para** que formulen las **alegaciones** que estimen convenientes.

Sin perjuicio del deber de colaboración regulado en el artículo 36 de este Texto Refundido, las actuaciones podrán entenderse con los titulares de los derechos previstos en el artículo 9, aun cuando no se trate de los obligados a realizar la declaración.

b) En aquellos supuestos en que no existan terceros afectados por el procedimiento, éste podrá iniciarse directamente con la notificación de la propuesta de regularización, junto con la liquidación de la tasa de regularización catastral prevista en el apartado 8. En dicha propuesta de regularización se incluirá una referencia expresa al presente precepto y a los recursos que procedan frente a la resolución definitiva.

El expediente **se pondrá de manifiesto a los interesados para la presentación de las alegaciones** que estimen oportunas durante un **plazo de 15 días desde la fecha de la notificación**. Cuando, transcurrido este plazo, los interesados no hayan formulado alegaciones, la propuesta de regularización se convertirá en definitiva y se procederá al cierre y archivo del expediente, entendiéndose dictado y notificado el correspondiente acuerdo de alteración contenido en la propuesta de regularización desde el día siguiente al de finalización del mencionado plazo.

c) La notificación a los interesados se practicará de conformidad con lo dispuesto en la Ley 58/2003, de 17 de diciembre, General Tributaria. El plazo máximo en que debe notificarse la resolución expresa será de seis meses desde que se notifique a los interesados el acuerdo de iniciación o la propuesta de regularización. El vencimiento del plazo máximo de resolución determinará la caducidad del expediente y el archivo de todas las actuaciones.

4. La **incorporación en el Catastro** de los bienes inmuebles **o la modificación** de su descripción resultante de la regularización, **surtirá efectos desde el día siguiente** a aquél en que se produjeron los hechos, actos o negocios que originen la incorporación o modificación catastral, con independencia del momento en que se notifiquen, sin perjuicio de lo dispuesto en el párrafo tercero de la disposición adicional cuarta para aquellos bienes inmuebles que tengan naturaleza rústica y cuenten con construcciones indispensables para el desarrollo de las explotaciones agrícolas, ganaderas o forestales.

5. La regularización de la descripción catastral de los inmuebles en virtud del procedimiento regulado en esta disposición, excluirá la aplicación de las sanciones que hubieran podido exigirse por el incumplimiento de la obligación de declarar de forma completa y correcta las circunstancias determinantes del alta o modificación de los mismos.

6. La determinación de la base liquidable del Impuesto sobre Bienes Inmuebles para los bienes que sean objeto de regularización se realizará por la Dirección General del Catastro



conforme a lo previsto en los artículos 67.1.b).4.º y concordantes del Texto Refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales, aprobado por Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo.

7. Las actuaciones desarrolladas en el procedimiento de regularización tendrán la consideración de trabajos de formación y mantenimiento del Catastro Inmobiliario a efectos de lo previsto en la disposición adicional décima de la Ley 33/2003, de 3 de noviembre, de Patrimonio de las Administraciones Públicas.

8. Se crea la tasa de regularización catastral, con el carácter de tributo estatal, que se rige por lo dispuesto en esta disposición y por las demás fuentes normativas que se establecen en el artículo 9 de la Ley 8/1989, de 13 de abril, de Tasas y Precios Públicos:

a) Hecho imponible: Constituye el hecho imponible de esta tasa la regularización de la descripción de los bienes inmuebles resultante del procedimiento que se establece en esta disposición.

b) Sujetos pasivos: Serán sujetos pasivos de la tasa de regularización las personas físicas o jurídicas y los entes a los que se refiere el artículo 35.4 de la Ley 58/2003, de 17 de diciembre, General Tributaria que, de conformidad con lo previsto en el Texto Refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales, aprobado por Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo, deban tener la condición de sujeto pasivo del Impuesto sobre Bienes Inmuebles en el ejercicio en el que se haya iniciado el procedimiento de regularización.

c) Devengo: La tasa de regularización catastral se devengará con el inicio del procedimiento de regularización.

d) Cuantía: La cuantía de la **tasa de regularización catastral será de 60 euros por inmueble** objeto del procedimiento.

e) Gestión: La gestión de la tasa de regularización catastral corresponde a la Dirección General del Catastro.

f) Recaudación: La recaudación de la tasa se efectuará conforme a lo dispuesto en el Reglamento General de Recaudación, aprobado por Real Decreto 939/2005, de 29 de julio, y su normativa de desarrollo.”

### 2.3. Ejecución de la regularización catastral

Este procedimiento de regularización se viene realizando por empresas contratadas por la entidad contratante Sociedad Mercantil Estatal de Gestión Inmobiliaria de Patrimonio, M.P.S.A. (SEGIPSA) a solicitud de la Dirección General del Catastro. Esta empresa es la encargada de homologar a las distintas empresas encargadas de llevar a cabo la regularización de los bienes inmuebles y de supervisar los trabajos realizados por las mismas.

El procedimiento comienza con una identificación previa de los inmuebles cuya información en Catastro y la realidad no coinciden. Para ello, desde las Gerencias del Catastro se desarrollan y mantienen mapas de detección de incidencias obtenidos en gabinete a partir de la combinación de la cartografía catastral y ortofotografías aéreas tanto para urbana como para rústica. En otros casos se opta por “realizar la detección mediante el método tradicional de fotointerpretación de imágenes aéreas (ortofotos) en dos dimensiones, de donde no se podía extraer información sobre la altura más allá de las sombras proyectadas.” (Gimeno-Gutiérrez, M., Martínez Cebrián, L., López Minguenza, E. 2015).

A las empresas homologadas se les hace llegar una circular, desde SEGIPSA, donde se especifican unas directrices básicas donde, entre otras, se define aquellas alteraciones que deben ser objeto de incorporación por regularización como las tareas necesarias para este fin. Además, la necesidad de contar en el municipio de estudio con los técnicos encargados de realizar estas tareas que deberán estar presentes, en campo, durante todo el proceso de regularización. Según la circular 04.01/2013, de 26 de abril, de Trabajos catastrales para la incorporación de inmuebles y alteraciones en el marco de procedimiento de regularización catastral 2013-2016:

“Todo inmueble objeto de un procedimiento de regularización debe cumplir, simultáneamente, con las siguientes condiciones:

1. Que se haya detectado una incidencia a nivel de parcela, identificada en el mapa de detección de incidencias. Esta incidencia puede haberse detectado como consecuencia del contraste cartográfico u otros trabajos de comprobación en gabinete, del cruce gráfico-alfanumérico, del recorrido de contraste en campo, o de la presentación de una declaración extemporánea en el período de aplicación de la regularización en el municipio.
2. Que la incidencia detectada se refiera a bienes inmuebles urbanos, o rústicos con construcción, o a aquellos, que, con la naturaleza rústica prevista en la normativa anterior a la Ley 48/2002, de 23 de diciembre, del Catastro Inmobiliario, cuenten con construcciones indispensables para el desarrollo de las explotaciones agrícolas, ganaderas o forestales.
3. Que la incidencia consista en la falta de incorporación al Catastro, o en la constancia incompleta en el mismo de, como mínimo, una de las siguientes alteraciones de privativa (a estos efectos no se considerarán las alteraciones que afecten únicamente a elementos comunes.
  - a) Obra nueva, de construcción reciente, o construcción antigua.
  - b) Ampliación de construcciones.
  - c) Reforma integral o rehabilitación, total o media.
  - d) Cambio de uso.

4. Que la falta de concordancia con la realidad inmobiliaria tenga su origen en el incumplimiento de la obligación de declarar de forma completa y correcta las alteraciones del inmueble ante el Catastro.
5. Que la incorporación en el Catastro de la parte de descripción del inmueble omitida suponga un incremento significativo del valor catastral. A tal, efecto, no se considerará incremento significativo de valor aquel que resulte igual o inferior a los límites de la Dirección General del Catastro establezca con carácter general en términos de cuantía y simultáneamente, de porcentaje de incremento del valor catastral de la construcción.”

Por lo que se describe, queda clara la necesidad de contar con una detección de incidencias previa para realizar el procedimiento de regularización catastral. Para ello, se cuenta con el contraste entre ortofotografías aéreas y cartografía catastral; este método, si bien es el que se ha ido utilizando, puede ser mejorado integrando, además, el uso de datos LiDAR ya que únicamente utilizando lo anterior podría quedar un poco justo. Por ello, este Trabajo Fin de Máster, ofrece una metodología que combina estos tres datos de partida para poder reducir costes y tiempo a la hora de detección de incidencias catastrales, así como permitiendo al personal de campo hacerse una idea de qué es lo que se va a encontrar. De los tipos de alteraciones mencionados en el punto número 3, la metodología generada en este proyecto, puede dar solución a los dos primero, es decir, a las incidencias de obra nueva y las de ampliación de construcciones. Además, según esta circular, no se considerarán susceptibles de regularización las construcciones de superficie inferior a 15m<sup>2</sup>; este valor es el que va ser considerado como área mínima de estudio en el trabajo.

### 3. ZONA DE ESTUDIO

En este apartado se va a hacer una breve descripción de la zona de estudio en la que posteriormente se va a realizar la detección de incidencias catastrales.

#### 3.1. Ubicación

La zona de estudio es el municipio de Alboraya/Alboraya y se encuentra en la provincia de Valencia, en la comarca de l'Horta Nord.



Fig. 1. Alboraya en la provincia de Valencia

L'Horta Nord es una comarca del centro de la Comunidad Valenciana situada en el interior de la provincia de Valencia. Tiene una superficie de 140 km<sup>2</sup> y la conforman 22 municipios, entre ellos el objeto de estudio, Alboraya.

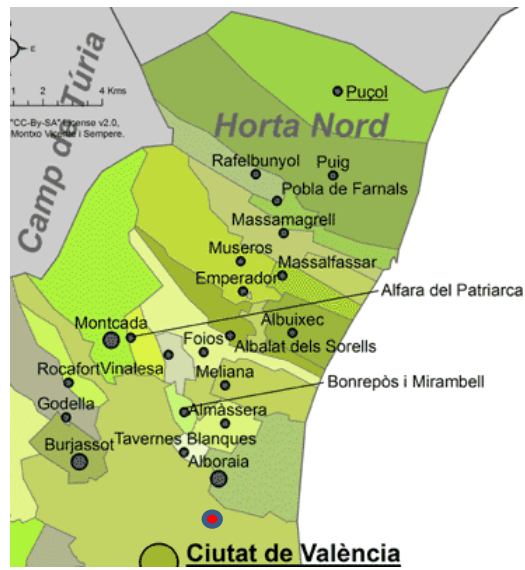


Fig. 2. Municipio de l’Horta Nord

El municipio de Alboraya tiene una superficie de 8.3 km<sup>2</sup> con 23837 habitantes (INE 2016). Limita al noroeste con Almàssera, al norte con Meliana, noreste con Meliana y el Mar Mediterráneo, oeste con Tavernes Blanques, este y sureste con el Mar Mediterráneo y finalmente, al suroeste y sur con Valencia. Además, el municipio cuenta con dos zonas residenciales, Port Saplaya que se encuentra en la zona noreste del término municipal, en la costa y a unos 2 km del núcleo de Alboraya y el Complejo Residencial de la Patacona, que se encuentra situado en la zona sureste del municipio.

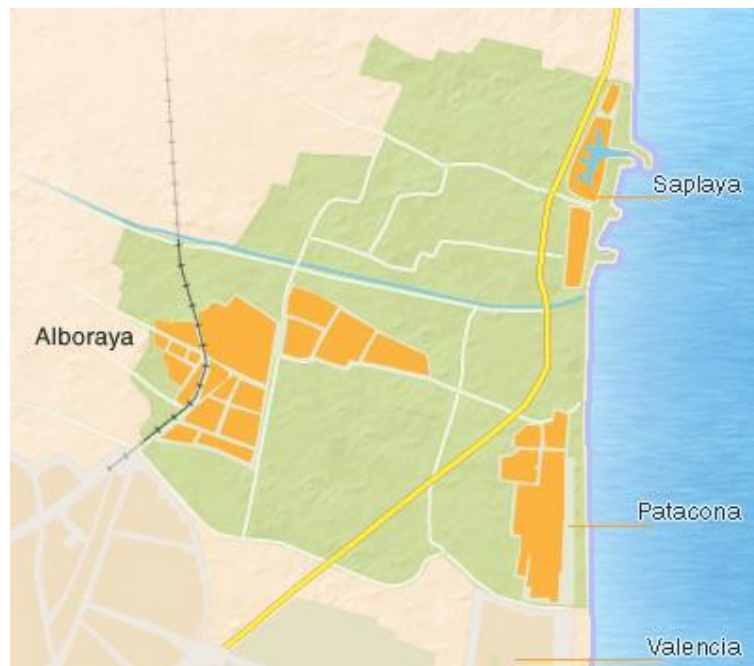


Fig. 3. Port Saplaya y Patacona en el T. M. de Alboraya

El municipio abarca una extensión de 2 hojas a escala 1:50000 quedando de la siguiente forma:

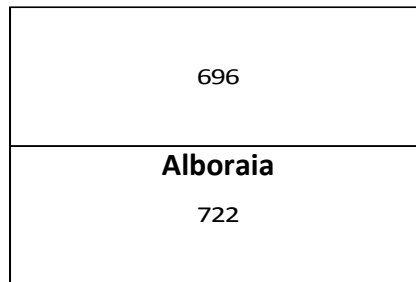


Fig. 4. Disposición de las hojas a escala 1:50000

### 3.2. Datos de interés

El término municipal es rico en construcciones religiosas como las ermitas de San Cristóbal, Santa Bárbara, de Vilanova y del Miracle dels Peixets o el templo parroquial barroco de la Asunción de Nuestra Señora de origen medieval.

El casco antiguo de Alboraià todavía conserva el trazado de sus calles diferenciándose una mezcla de estilos en ellas. Conserva construcciones típicas rurales junto a casas urbanas de estilo Modernista y Art Decó, construidas a finales del siglo XIX y principios del XX. Los edificios más representativos que actualmente se pueden encontrar son la Casa Señorial del Conde de Zanoquera, el Mercado municipal, el Antiguo Matadero, el Teatro L'Agrícola y el Puente del Moro entre otros. Los parques urbanos son para el visitante fuente de relax, desde donde se pueden admirar diferentes monumentos urbanos, como el "Homenatge a l'Horta" o la fuente dedicada a "Tirant lo Blanc" realizados en gres, por el ceramista local Enric Mestre o el Monumento a Blasco Ibañez, obra del escultor Nassio.



Fig. 5. Esquema de Alboraiia

El gran cambio urbano de Alboraiia se produjo a partir de los años 50. Hasta la década de los años 60 crecieron grupos de viviendas como los de la calle Nou d'Octubre, barrio Rey en Jaume, San José Obrero, la zona sur de Botánico Cavanilles y el Palmaret; así como Port Saplaya, la creación de la zona residencial de Vera por la desafeción de parte del polígono industrial y también se construyó Campo de Mayo y los terrenos ocupados en parte por el polígono industrial del Palmaret. Actualmente, por compensar que el centro histórico ha quedado escorado al norte del núcleo urbano de Alboraiia, se pretende la expansión urbana hacia el Barranc del carraixet.

Port Saplaya es un barrio que nació como una zona residencial en la década de los años 70 al noreste de Alboraiia y en la costa; mención tiene que los primeros empadronados son del año 1975. Desde el primer momento se consolidó como una zona de segunda residencia que actualmente se ha convertido, ya en muchos casos, de primera. No obstante, su población aumenta notablemente los meses de verano debido a su situación costera.

La Patacona es una zona residencial situada en la parte sureste de Alboraiia y que está junto al barrio de La Malvarrosa de Valencia. Se trata de un núcleo urbano en primera línea de costa y que tiene las playas más extensas del término de Alboraiia; se podría decir que es la prolongación natural de la playa de la Malvarrosa de Valencia. La Patacona es la zona de creación como espacio residencial más reciente de Alboraiia dado que las viviendas existentes están situadas sobre el antiguo polígono industrial de Vera donde, desde mitad de los años 90, las viviendas han ido sustituyendo a las antiguas fábricas. Debido a esto y a la nueva población, el Ayuntamiento, al igual que ocurre en Port Saplaya, ha ido haciendo llegar distintos servicios en un proceso que se prevé que continúe.

Dados estos distintos tipos de edificaciones tanto de urbanos como de industriales y la diferencia de alturas entre ellas, se ha elegido Alboraiia como municipio para la aplicación de la metodología, desarrollada en este trabajo, para la detección de incidencias

catastrales. Además, de la cercanía existente entre el municipio y la Universitat Politècnica de València por si hubiese hecho falta alguna visita de campo.

### 3.3. Regularización catastral del municipio de Alboraiá

Aunque el período de regularización, asignado por la Dirección General del Catastro a través del “Boletín Oficial del Estado, comprende los años 2013-2016; este plazo previsto puede ser ampliado por decisión motivada del mismo órgano y habrá de ser publicada nuevamente en el “Boletín Oficial del Estado”. Para el caso del municipio tratado en este estudio, la Resolución del 16 de febrero de 2016 de la Dirección General del Catastro, por la que se determinan municipios y período de aplicación del procedimiento de regularización catastral dispone que esta fecha se prolonga hasta el 30 de julio de 2017 por lo que, actualmente, está en proceso de regularización.



#### 4. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo principal de este Trabajo Final de Máster es elaborar una metodología capaz de detectar incidencias catastrales y, posteriormente, un Mapa de Incidencias del municipio de Alboraiá mediante la combinación de datos catastrales, ortofotografías aéreas y datos LiDAR con el fin de facilitar y agilizar de forma semi-automática las tareas de revisión y actualización cartográfica de la Dirección General de Catastro; además, de minimizar los costes y tiempo y permitiendo al técnico de campo, localizar las mismas en su tarea de comprobación. Para obtener los mejores resultados posibles, se van a analizar y comparar distintas variaciones de la metodología propuesta obteniendo unas conclusiones y posibles mejoras. Estas incidencias se refieren a incidencias en cuanto a la altura, es decir, la detección de nuevas construcciones o incrementos/disminución de alturas de una edificación.

Para realizar las distintas variaciones de la metodología es necesario adecuar y depurar los datos LiDAR para poderlos, posteriormente, integrar en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y combinar diferentes técnicas de análisis.

El objetivo secundario se trata de adquirir soltura en el análisis de datos así como afianzar los conocimientos obtenidos durante la formación académica sobre Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Además, trabajar con diferentes resoluciones y varios softwares, aprender a manejar datos provenientes de diferentes fuentes de información y combinar diferentes técnicas.

## 5. DATOS DE PARTIDA

La información que se va a utilizar para realizar este Trabajo Fin de Máster es diversa y proviene de distintos organismos. Esta información está a libre disposición del ciudadano y para, prácticamente, todo el territorio de España; lo que permite aplicar la metodología empleada en este estudio, a otros municipios similares.

Se van a utilizar ortoimágenes provenientes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, la nube de puntos LiDAR, también obtenida del mismo organismo, e información catastral del municipio de Alboraiá. A continuación, se pasa a desarrollar de una forma detallada la obtención y características de la información utilizada en este trabajo.

### 5.1. Ortoimágenes

Las imágenes que se van a utilizar provienen del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) y datan del año 2010. Como se ha dicho anteriormente, el municipio de Alboraiá comprende 2 hojas del MTN50, por lo que van a ser descargadas estas dos hojas que, posteriormente serán unidas en un único mosaico.

La razón de usar imágenes del año 2010 y no de máxima actualidad es debido a que ninguna llega a estar del todo ortorectificada; en cambio, las imágenes del 2010 son las que mejor ortorectificación poseen. No supone ningún tipo de problema la utilización de las imágenes anteriores debido que su uso va a ser, fundamentalmente, para consulta gráfica y para un fácil reconocimiento de las parcelas en las tareas de revisión.

#### 5.1.1. Características generales ortoimagen

El PNOA tiene por fin obtener ortofotografías aéreas digitales con resolución de 25 ó 50 cm y modelos digitales de elevaciones (MDE) de alta precisión de todo el territorio español, con un período de actualización de 2 ó 3 años, según las zonas. En este caso, las ortoimágenes utilizadas cuentan con una resolución espacial de 25 cm y con 3 bandas espectrales, RGB.



Fig. 6. Ortofotos correspondientes a Alboraiá

La fotografía aérea es la base para la realización de cartografía y la información geográfica en general, ocupación del suelo, urbanismo y ordenación del territorio, catastro, gestión forestal, hidrografía, etc. Con la utilización de los mismos datos fotogramétricos de partida se consigue, además, una perfecta coherencia geométrica y temporal de las bases de datos cartográficos y geográficos existentes en todas las administraciones.

- El Sistema Geodésico de Referencia varía en función del territorio: ETRS89 para la Península, Illes Balears, Ceuta y Melilla se utiliza ETRS89 mientras que para Canarias, se utiliza REGCAN95.
- El vuelo fotogramétrico PNOA25 es equivalente a una escala de vuelo 1:15.000 (PNOA25) y PNOA50 a una escala de 1:30.000 con una cámara digital de alta resolución, equipada con sensor pancromático y 4 sensores multiespectrales.
- Se realiza toma de datos mediante GPS y sistema inercial IMU/INS en el vuelo para el procesado de la trayectoria del avión.
- La aerotriangulación digital se realiza por métodos automáticos.
- El Modelo Digital de Elevaciones (MDE) derivado de los datos, se obtiene por correlación automática, o a partir de datos obtenidos con el sensor LiDAR. La ortoproyección se realiza a partir del MDE una vez está depurado y editado.
- La generación de metadatos se realiza cumpliendo con la norma internacional ISO 19115:2003, por lo que se asegura la interoperabilidad de los datos generados.

	GSD Vuelo (cm)	GSD Ortofoto (cm)	Exactitud planimétrica de la ortofoto	Exactitud altimétrica del Modelo Digital del Terreno	Paso de malla
<b>PNOA 50 cm</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	RMSE <sub>x,y</sub> ≤ 1,00 m	RMSE <sub>z</sub> ≤ 2,00 m	5mx5m
<b>PNOA 25 cm</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	RMSE <sub>x,y</sub> ≤ 0,50 m	RMSE <sub>x,y</sub> ≤ 1,00 m	5mx5m
<b>PNOA 10 cm</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	RMSE <sub>x,y</sub> ≤ 0,20 m	RMSE <sub>x,y</sub> ≤ 0,20 m (con LiDAR)	1mx1m

Fig. 7. Características técnicas de la ortoimagen PNOA

### 5.2. Nube de puntos LiDAR

La nube de puntos LiDAR utilizada proviene del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) obtenida a través del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Se han descargado 8 archivos digitales .LAZ, de 2x2 km de extensión, correspondientes al municipio de Alboraia y se corresponden al vuelo LiDAR PNOA del año 2009. Su densidad promedio es de 0,5 puntos del primer retorno por metro cuadrado sin considerar puntos de solape entre pasadas, su precisión general altimétrica es de un error medio cuadrático de RMSEZ ≤ 0,20 m y su precisión global horizontal es de RMSEX,Y ≤ 0,30m.

#### 5.2.1. Características generales LiDAR

El objetivo del proyecto de vuelo LiDAR del PNOA es cubrir todo el territorio de España mediante nubes de puntos con coordenadas X,Y,Z obtenidas mediante sensores LiDAR aerotransportados, con una densidad de 0,5 puntos/m<sup>2</sup>. Estas nubes de puntos tienen múltiples aplicaciones: obtención de modelos digitales del Terreno y de superficies (con edificios y vegetación), estudios de zonas inundables, detección automática de edificaciones nuevas, cálculo del coeficiente de admisibilidad de pastos de la PAC, estudios de visibilidad y cobertura de antenas, entre otras muchas. Sus puntos están clasificados en las siguientes clases y códigos:

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| 0. Nunca clasificado | 7. Ruido          |
| 1. No asignado       | 8. Modelo clave   |
| 2. Suelo             | 9. Agua           |
| 3. Vegetación baja   | 10. Reservado     |
| 4. Vegetación media  | 11. Reservado     |
| 5. Vegetación alta   | 12. Superposición |
| 6. Construcción      |                   |



Fig. 8. Nube de puntos LiDAR en RGB

### 5.3. *Cartografía catastral*

La cartografía utilizada se ha obtenido a través de la Sede Electrónica del Catastro. En este caso, se ha descargado la cartografía urbana sin historia.

La estructura de los campos del fichero shapefile es copia de la estructura interna del sistema de información geográfica catastral, por lo que puede cambiar en un futuro. El parcelario catastral se representa mediante 4 capas: MASA, PARCELA, SUBPARCE y CONSTRU; el resto de capas son auxiliares o contienen otros elementos cartográficos, como mobiliario urbano, límites administrativos, rótulos con los nombres de las calles, etc. A continuación se muestra una lista de las capas descargables que ofrece Catastro y una breve descripción de la información que representan.

- ALTIPUN Puntos de altimetría con cota y puntos de las redes geodésicas y topográficas.
- CARVÍA Descripción de los códigos de las vías de comunicación e hidrografía.
- CONSTRU Subparcelas urbanas que representan los volúmenes edificados dentro de una parcela.
- EJES Ejes de elementos lineales (calles, carreteras).

- ELEMLIN Elementos lineales.
- ELEMPUN Elementos cartográficos puntuales.
- ELEMTEX Rótulos de mapa.
- EERLIN Tramos abiertos en el parcelario que se detectan en el momento de la carga. Son errores y no deberían existir.
- HOJAS Hojas de división de la cartografía urbana.
- LIMITES Límites administrativos (de municipio, de suelo de naturaleza urbana, etc).
- MAPA Identificación de cada una de las zonas con cartografía diferente. Normalmente en cada municipio hay un mapa de urbana y otro mapa de rústica. Dentro de un mismo mapa hay coherencia cartográfica pero entre mapas puede haber pequeñas inconsistencias.
- MASA Agrupaciones de parcelas (manzanas de urbana y polígonos de rústica).
- PARCELA Parcelas catastrales. Las parcelas que tienen el campo PARCELA='09000' no existen en realidad y son un artificio necesario dentro del sistema de información geográfica catastral para conseguir la continuidad de la cartografía rústica. Deben ser ignoradas.
- SUBPARCE Subparcelas de cultivo (zonas de igual cultivo o aprovechamiento dentro de una parcela). Las que tienen el campo PARCELA='09000' deben ser ignoradas.

Para el desarrollo de la detección de incidencias, se considera necesario el uso de la capa CONSTRU ya que aporta información sobre las alturas construidas existentes en cada parcela. En este caso, se especifican los campos que contiene la capa utilizada y una breve descripción de cada uno de ellos.

NOMBRE DE CAMPO	TIPO DATO	DESCRIPCIÓN
NINTERNO	Number	Número secuencial asignado por el sistema
MAPA	Number	Número del mapa al que pertenece el elemento
DELEGACIO	Number	Código de Delegación de Hacienda
MUNICIPIO	Number	Código de municipio
MASA	Varchar2	Manzana urbana (o polígono rústico) a la que pertenece el elemento
HOJA	Varchar2	Posiciones 8 a 14 de la referencia catastral (urbana) o código de sector (rústica)
PARCELA	Varchar2	Código de parcela, dentro de la Manzana o

		polígono
REFCAT	Varchar2	Referencia catastral de la parcela
CONSTRU	Varchar2	Rótulo con las alturas construidas
TIPO	Char	Tipo de parcela (U, D, R)
COORX	Number	Coordenada X del centroide
COORY	Number	Coordenada Y del centroide
NUMSYMBOL	Number	Símbolo con el que se dibuja
AREA	Number	Superficie del elemento en metros cuadrados
FECHAALTA	Number	Fecha del dibujo del elemento gráfico
FECHABAJA	Number	Fecha de borrado del elemento gráfico
PCAT1	Varchar2	Posiciones 1 a 7 de la referencia Catastral de la parcela
PCAT2	Varchar2	Posiciones 8 a 14 de la referencia Catastral de la parcela

Tabla. 1. Campos del shapefile CONSTRU



Fig. 9. Shapefile CONSTRU

## 6. METODOLOGÍA

A partir del uso de diferente software, como son ArcGIS, FUSION, y ENVI, se pretende realizar el tratamiento de los datos para, posteriormente, aplicar la metodología que pretende obtener como resultado la detección de incidencias en el término municipal de Alboraiá junto con su correspondiente mapa de incidencias ya que existe una necesidad, por parte de Catastro, de tener la cartografía actualizada. Una vez obtenidos los resultados de las incidencias detectadas, se va a valorar lo acertado o no que es la metodología utilizada mediante la creación de matrices de confusión.

En este estudio se plantean 4 métodos de los cuales uno de ellos va a ser escogido, justificando su elección, para la obtención de los resultados. Los 3 primeros métodos siguen el esquema de la figura 10 en el que la única diferencia entre ellos es las diferentes técnicas de obtención de la altura por planta catastral; mientras que el cuarto método sigue el esquema de la figura 11 en el que se utiliza la combinación del MDE y la nube de puntos LiDAR. Estos métodos van a ser desarrollados con más detalle en apartados siguientes.



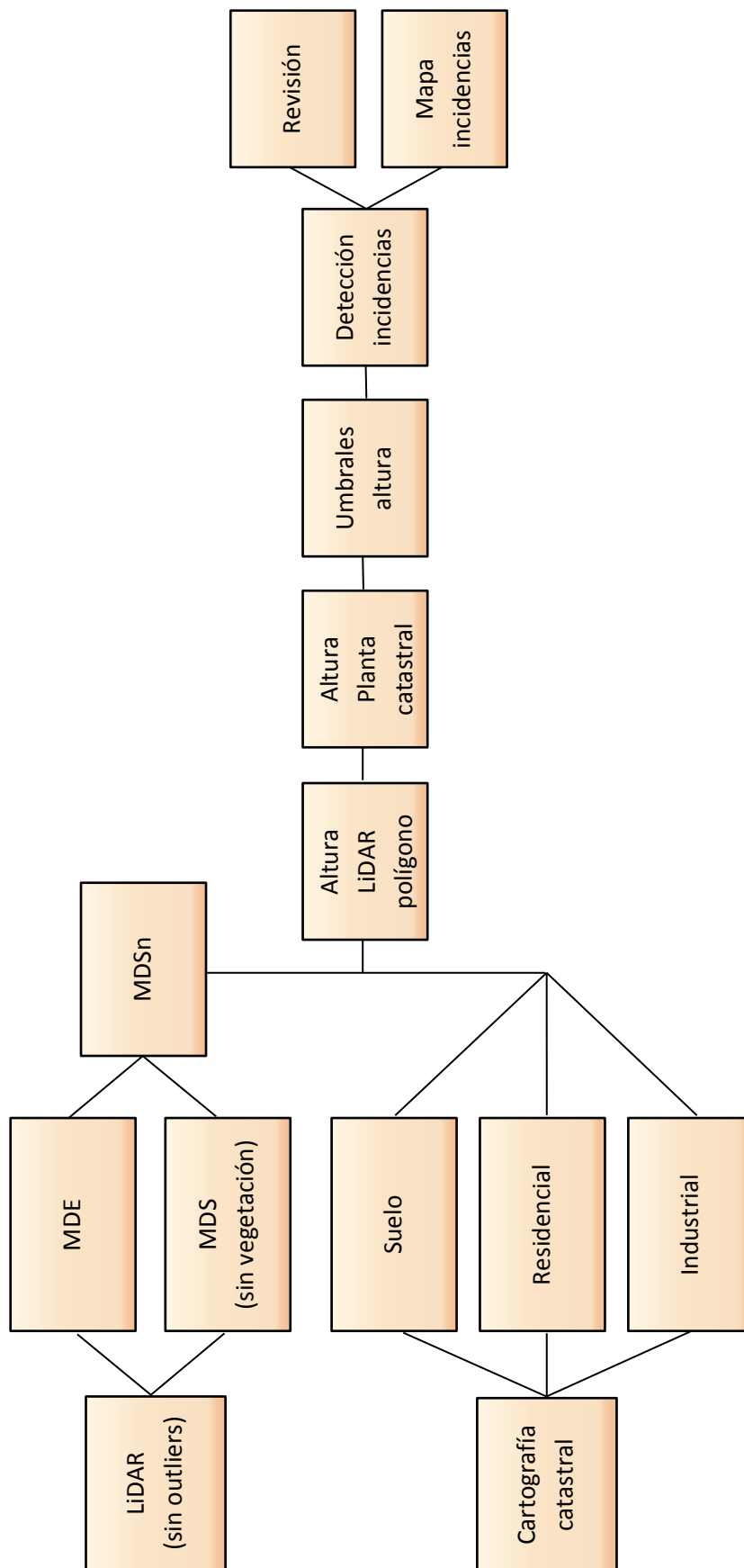


Fig. 10. Esquema método 1, 2 y 3

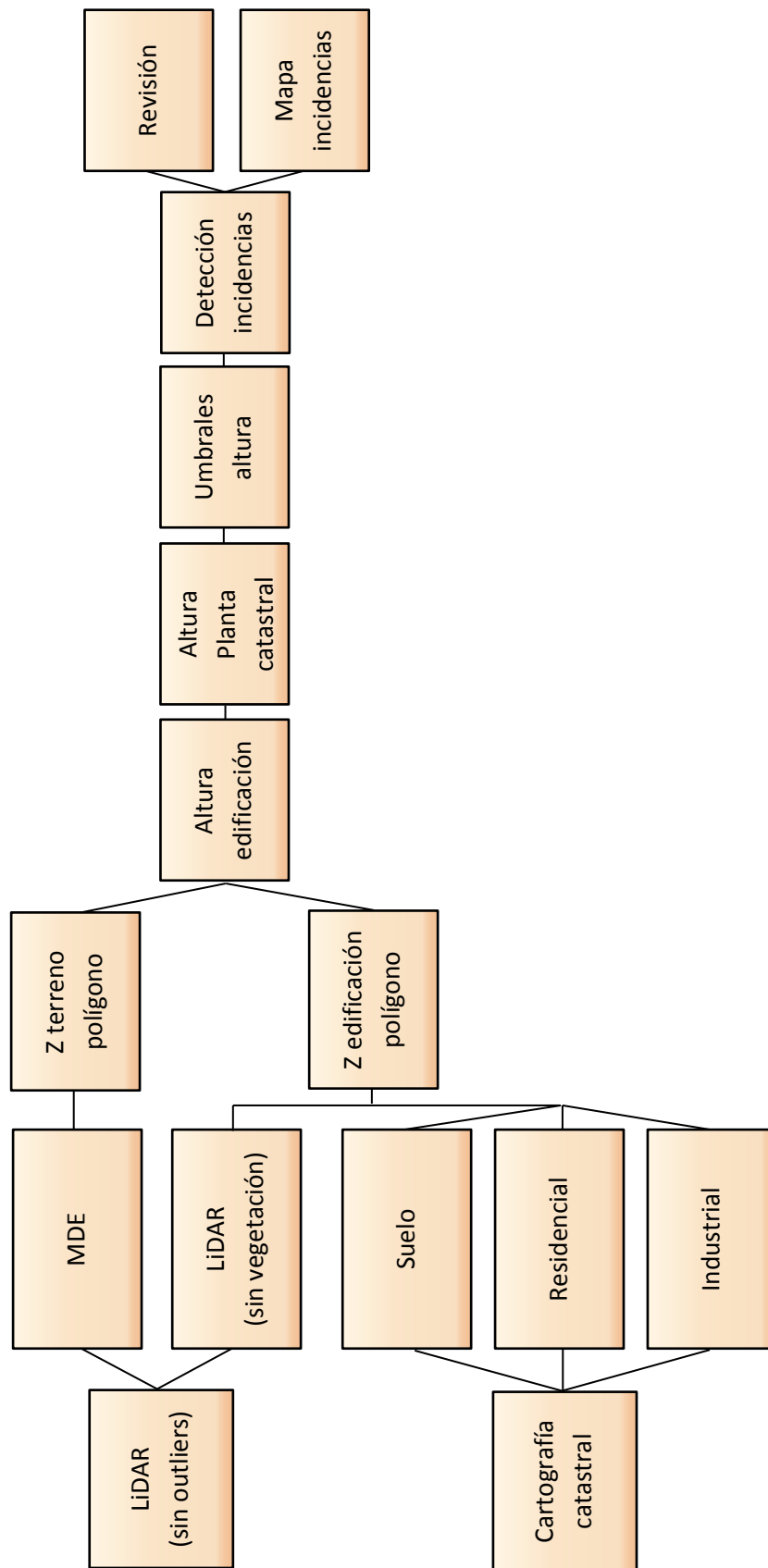


Fig. 11. Esquema método 4

Para realizar el tratamiento de los datos, primeramente, han de ser pre-procesados para poder adecuarlos a la zona de estudio y depurarlos. Para estas tareas se va a hacer uso del software ArcMap 10.1, ENVI 4.5, FUSION y Google Street View junto con su visor en 3D, este último para dar un apoyo a la hora de realizar evaluación de las incidencias. El pre-procesado es necesario ya que los datos vienen en bruto; en el caso de los datos LiDAR, existen puntos con cotas muy elevadas o muy por debajo del terreno y que se deben a posibles interferencias en la adquisición de los mismos por lo que hay que depurar estos puntos mediante los procesos que se muestran más adelante. En el caso de las ortoimágenes ocurre algo similar, abarcan una zona muy extensa y al ser un archivo pesado ralentiza su tratamiento, por lo que es necesario recortarlas según la zona de estudio.

Una vez se tienen los datos depurados y editados, se van a realizar una serie de procesos para llegar a obtener las alturas de cada parcela a partir de los datos LiDAR. Con estas alturas LiDAR se pretende obtener la altura media que tienen los edificios con un determinado número de plantas; esta media va a ser la que se asigna como altura de cada planta catastral para, finalmente, poder realizar un contraste entre la altura que se ha asignado que deben tener las construcciones de determinado número de plantas y la altura que tienen realmente. Ya que las construcciones de una determinada planta difieren en altura en función del tipo de construcción, se han de obtener unos umbrales de altura y, a partir de estos, se van a detectar las parcelas que se consideran como incidencia y las que no. Finalmente, se va a evaluar la detección de incidencias mediante muestras y se van a obtener unas conclusiones.

Todo este proceso mencionado, se va a desarrollar de forma más detallada y con ejemplos en los siguientes apartados.

El sistema de referencia utilizado en el trabajo va a ser el European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) con la proyección Universal Transverse Mercator (UTM) en el huso 30, es decir ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30.

Así pues, el primer paso consiste en delimitar la zona de estudio que permite situar y recortar nuestros datos para manejar un volumen de datos menor; por lo que se ha creado un polígono con las coordenadas siguientes y se ha exportado como una shapefile llamada "zona\_estudio.shp" que abarca la extensión de la zona de estudio:

Superior: 4377999,990m.

Izquierda: 726000,000m.

Derecha: 730999,990m.

Inferior: 4372999,990m.

Para no mencionar de forma continua las herramientas que se van a utilizar, así como su localización en el programa, se cree oportuno mencionar a las que más uso se va a dar. Estas herramientas están alojadas en la caja de herramientas de *ArcMap*, llamada *ArcToolbox* y son:

*Data management tools* → *Raster* → *Raster dataset* → *Mosaic to new raster*:

Crea un mosaico de múltiples datasets ráster en un dataset ráster nuevo.

*Data Management Tools → Raster → Raster Processing → Clip:*

Recorta una parte de un dataset ráster, un dataset de mosaico o una capa de servicio de imágenes. La salida de recorte incluye todos los píxeles que intersecan la extensión de plantilla. El área recortada se especifica ya sea con un contorno rectangular con las coordenadas mínimas y máximas x e y, o con un archivo de extensión de salida.

*Data management tools → Generalization → Dissolve:*

Agrega entidades basadas en atributos especificados. Los atributos de las entidades que se agregan al disolver se pueden resumir o describir con una variedad de estadísticas. La estadística que se utiliza para resumir atributos se agrega a la clase de entidad de salida como un campo simple con el siguiente estándar de nombre de tipo de estadística + guión bajo + nombre del campo de entrada.

*Data management tools → Projections and Transformations → Raster → Define Projection:*

Esta herramienta sobrescribe la información del sistema de coordenadas (proyección de mapa y datum) almacenada con un dataset. El único uso de esta herramienta es para datasets que tienen un sistema de coordenadas desconocido o incorrecto definido.

*Spatial Analyst Tools → Map Algebra → Raster Calculator:*

Construye y ejecuta una expresión simple de álgebra de mapas utilizando la sintaxis de Python en una interfaz símil calculadora.

*3D Analyst tools → Conversion → From File → LAS To Multipoint:*

Crea entidades multipunto que utilizan uno o más archivos LIDAR.

*Data Management Tools → Features → Multipart To Singlepart:*

Crea una clase de entidad que contiene entidades de parte simple generadas al separar entidades multiparte de entrada. Cada parte de una entidad multiparte se separará en entidades individuales en la clase de entidad de salida. Las entidades que ya son de parte simple no serán afectadas.

*ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Extraction → Extract multi values to points:*

Extrae valores de celda en ubicaciones especificadas en una clase de entidad de punto desde uno o más rásteres y registra los valores en la tabla de atributos de la clase de entidad de punto.

*Analysis tools → Proximity → Buffer:*

Crea polígonos de zona de influencia alrededor de entidades de entrada a una distancia especificada.

*Analyst tools* → *Overlay* → *Spatial Join*:

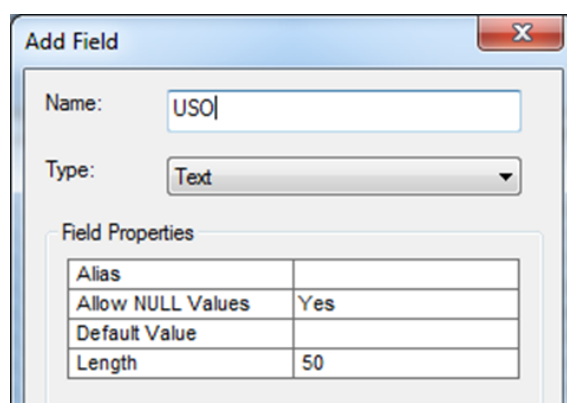
Une los atributos de una entidad con otra basada en la relación espacial. Las entidades de destino y los atributos unidos de las entidades de unión se escriben en la clase de entidad de salida.

*Spatial Analyst tools* → *Zonal* → *Zonal Statistics as Table*:

Resume los valores de un ráster dentro de las zonas de otro dataset e informa los resultados en una tabla.

### 6.1. Pre-procesado del shapefile de Catastro

Dado que la altura de las plantas es diferente para una edificación destinada a “Residencial” que para una destinada a “Industrial”, se debe poder identificar estas construcciones a partir de su uso. Para ello, mediante la web de Catastro y la Consulta Descriptiva y Gráfica donde aparece el información del uso, se pretende obtener el uso principal de las parcelas de la zona de estudio clasificándolas según si son de uso residencial (rosado) o industrial (verde) y añadiéndolas en un campo que ha sido creado previamente, llamado “USO”. Esta capa editada es la llamada “CONSTRU\_uso.shp”.



Field Properties	
Alias	
Allow NULL Values	Yes
Default Value	
Length	50

Fig. 12. Campo generado para el uso de las parcelas



Fig. 13. Usos de las parcelas de Alboraiá

## 6.2. Pre-procesado de las ortoimágenes PNOA (2010)

### 6.2.1. Unión y recorte de la ortoimagen

Dado que las ortoimágenes PNOA descargadas ocupan 2 hojas del MTN50, 0696 y 0722, se van a unir mediante el comando *Mosaic to New Raster* y, posteriormente, a recortar mediante el comando *Clip* empleando la extensión de la zona de estudio con el shapefile “zona\_estudio.shp” ya que la superficie que abarcan ambas es extensa.



Fig. 14. Ortoimagen PNOA recortada según zona de estudio

### 6.2.2. Extracción de la vegetación

Dado que las ortofotos descargadas no contienen la banda del infrarrojo cercano, se pretende ensalzar la vegetación a partir de la ortofoto del año 2010 y crear una máscara donde la vegetación contenga un valor 1 y el resto un valor 0. Con este ráster de valor 0 y 1 se va a crear una capa vectorial de polígonos en la cual cada polígono representa vegetación. Este proceso se realiza para poder generar un Modelo Digital de Superficie (MDS) libre de vegetación, que se va a desarrollar en apartados posteriores. Por tanto, para poder extraer la información de la vegetación y generar polígonos de ella, se utiliza el siguiente procedimiento:

- Cálculo de máscara de vegetación
  - o Banda verde / (Banda roja + 1)
  - o 3 \* Banda verde / (Banda roja + Banda verde + Banda azul)
- Cálculo de máscara de sombra
  - o Cálculo de ROI's
  - o Cálculo de umbrales para RGB
- Cálculo de máscara vegetación\*máscara de sombras = vegetación sin sombras
- Obtención de umbral de vegetación/no vegetación
- Máscara final con valor 1 vegetación y valor 0 el resto
- Segmentación de la máscara para eliminar píxeles aislados

#### 6.2.2.1. Combinación de bandas para obtener la vegetación:

El primer paso es el cálculo de una máscara que permita resaltar la vegetación, para ello se van a crear dos combinaciones de bandas utilizando el comando *Band math* del software ENVI; este comando permite operar con las bandas de la imagen espectral. El hecho de realizar dos máscaras de vegetación se debe a observar cuál de las 2 ofrece un mejor resultado final.

- Combinación de bandas 1:

En este caso, se opta por la fórmula que se muestra a continuación, a la banda roja se le suma una unidad ya que existen valores de 0 en la banda roja y al realizar la división resulta un valor infinito y aplicando esta operación de suma, se evita.

$$\frac{\text{Banda verde} \cdot 1.0}{((\text{Banda roja} \cdot 1.0) + 1)} = \frac{B2 \cdot 1.0}{((B1 \cdot 1.0) + 1)}$$

Se puede observar, en la figura 15, que aparece resaltada la vegetación pero, además, también aparece resaltada las zonas más oscuras como son las sombras; por ello, es necesaria la creación de una máscara de sombras que permita eliminar esta interferencia en la extracción de la vegetación.



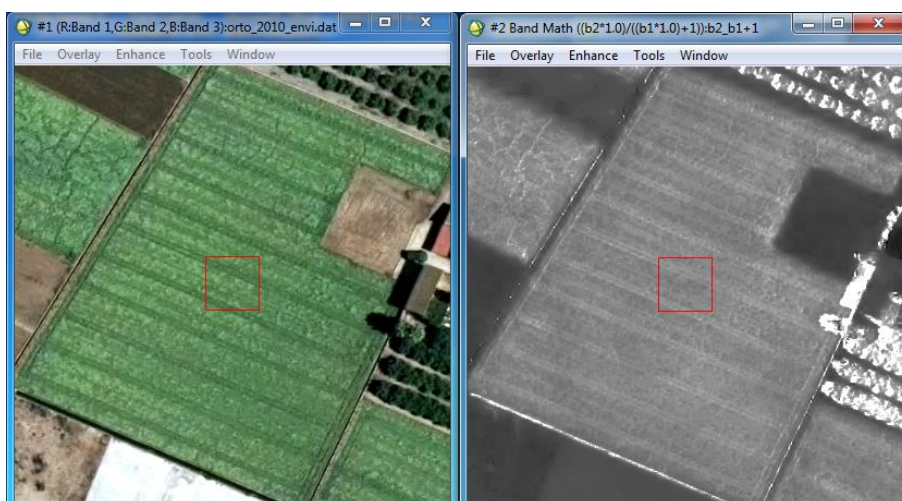


Fig. 15. Combinación de bandas 1

- Combinación de bandas 2:

En este caso, se opta por la fórmula que se muestra a continuación, a la banda verde se le multiplica por 3 y se realiza la división con la suma de la banda roja, verde y azul.

$$\frac{3.0 \cdot \text{Banda verde}}{(\text{Banda roja} + \text{Banda verde} + \text{Banda azul})} = \frac{3.0 \cdot B2}{(B1 + B2 + B3)}$$

En esta combinación también se puede apreciar un mayor resalte de la vegetación pero sigue teniendo la misma problemática que la máscara anterior: las sombras también las resalta; por ello, es necesario la creación de una máscara de sombras que permita eliminar esta interferencia en la extracción de la vegetación.



Fig. 16. Combinación de bandas 2

### 6.2.2.2. Cálculo de la máscara de sombras

Para poder diferenciar entre vegetación y sombra es necesario, previamente, identificar las sombras en la imagen para restarlas y que quede, únicamente, la vegetación. Por ello, se va a hacer uso de las *ROI's* (Region of Interest) de ENVI; este comando permite seleccionar muestras de una característica en particular (sombras en este caso) y permite extraer estadísticas para una clasificación. A partir de éstas estadísticas, se van a generar 3 máscaras de sombras para observar cuál extrae de mejor modo esta característica. La diferencia entre ellas es el rango que se les aplica.

Select Stat					
Filename: D:\TFM\Ortofoto_PNOA_2010\TIFF\orto_2010_envi.dat					
ROI: Region #1 [Red] 157591 points					
Basic Stats					
	Min	Max	Mean	Stdev	
Band 1	0	144	6.961121	7.364776	
Band 2	0	139	14.108566	8.543921	
Band 3	0	131	12.653851	8.997325	
Histogram					
	DN	Npts	Total	Percent	Acc Pot
Band 1	0	26145	26145	16.5904	16.5904
	1	13588	39733	8.6223	25.2127
	2	14948	54681	9.4853	34.6980
	3	13501	68182	8.5671	43.2652

Fig. 17. Estadísticas de las ROIs de sombras

- Máscara de sombras 1:

Se va a crear dándole valores a cada capa como la suma de la media + desviación típica. B1: 14, B2: 22, B3: 21.

Se puede observar, en la figura 18, que se detectan las sombras pero no en la totalidad de su extensión, por lo tanto, se prueba una nueva combinación con una nueva máscara.

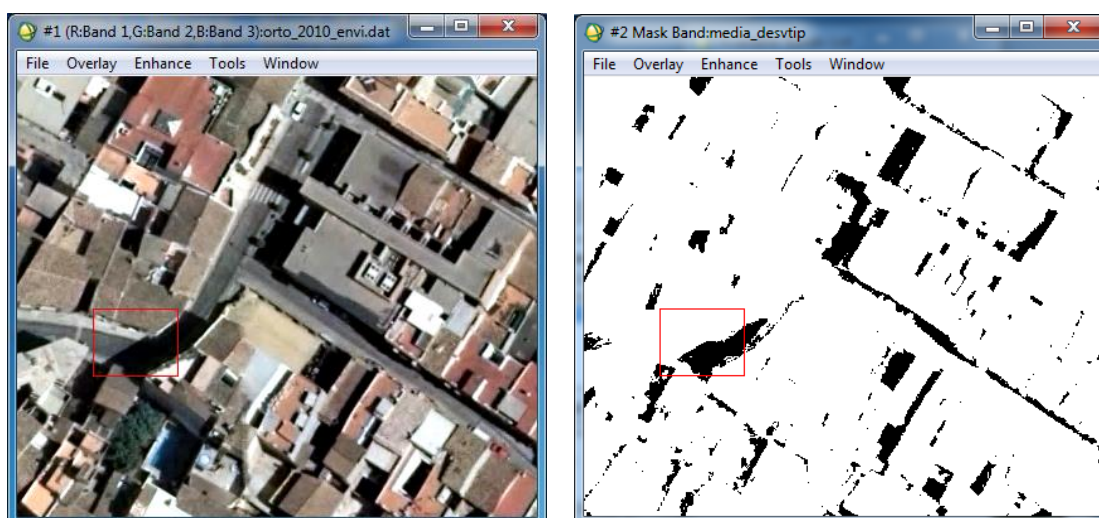


Fig. 18. Máscara de sombras 1

- Máscara de sombras 2:

En este caso va a ser el resultado de aplicarle a cada banda la suma de su media + 2\*desviación típica. B1:  $7+15= 22$ , B2:  $14+17= 31$ , B3:  $12+18= 30$ .

Aunque en este caso, se detecta de forma correcta las sombras, se puede observar que no llega a recoger el límite de estas correctamente, por tanto, se procede a probar una máscara más.



Fig. 19. Máscara de sombras 2

- Máscara de sombras 3:

En este caso se va a probar a aplicarle a cada banda su media + 3\*desviación típica. B1: 29, B2: 40, B3: 40.

Como se observa, las sombras son detectadas pero, además, parece que se añaden demasiadas zonas oscuras que puede que entorpezcan la distinción.

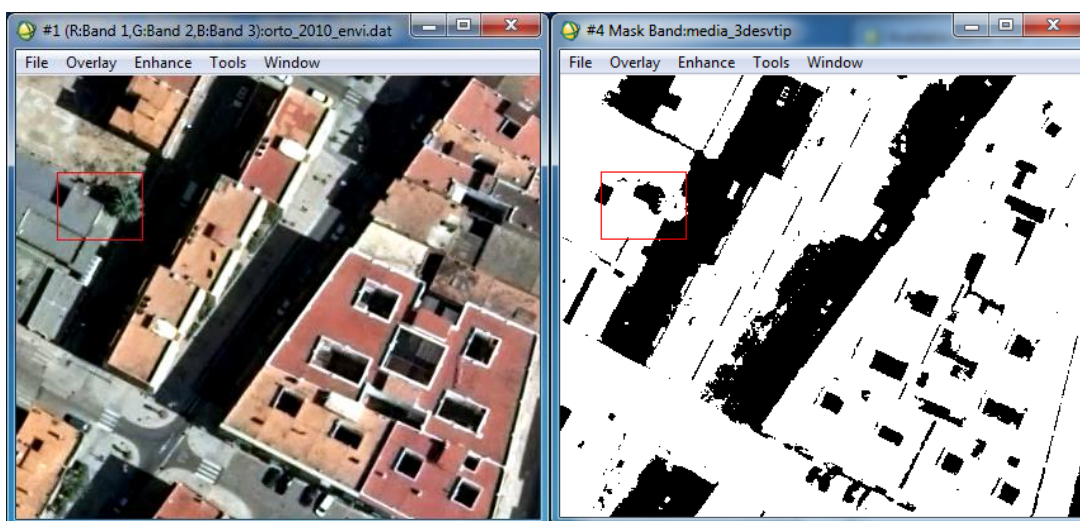


Fig. 20. Máscara de sombras 3

### 6.2.2.3. Obtención de la vegetación sin las sombras

Con las combinaciones de bandas de la vegetación y las máscaras de sombras creadas, solo queda multiplicarlas entre sí para obtener una máscara de vegetación sin sombras ya que las sombras tienen valor de ND=0. Se va a hacer las combinaciones pertinentes con las máscaras creadas anteriormente.

- Combinación de vegetación 1 \* máscara de sombras(1, 2 y 3):

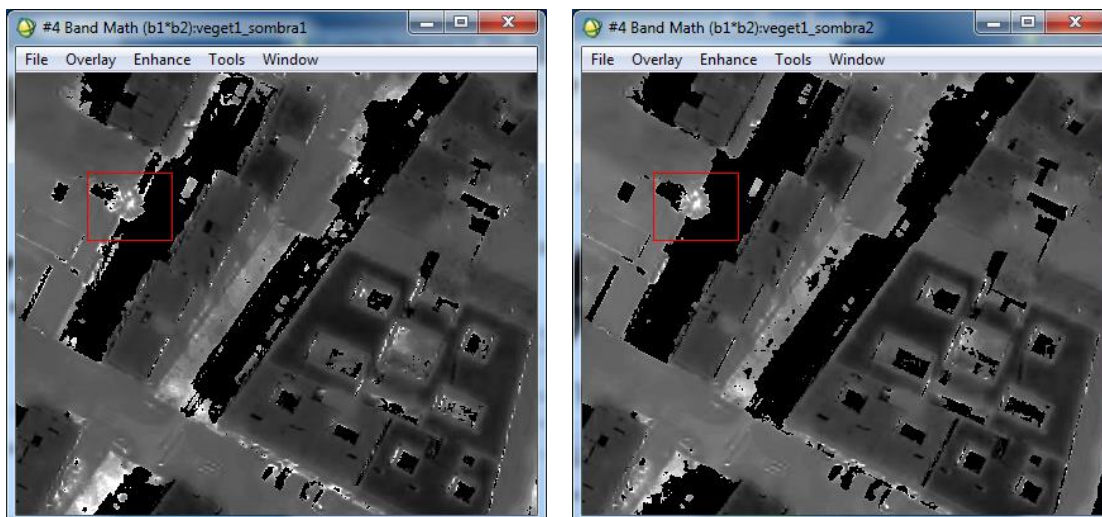




Fig. 21. Vegetación sin sombras 1\_1, 1\_2 y 1\_3

- Combinación de vegetación 2 \* máscara de sombras(1, 2 y 3):

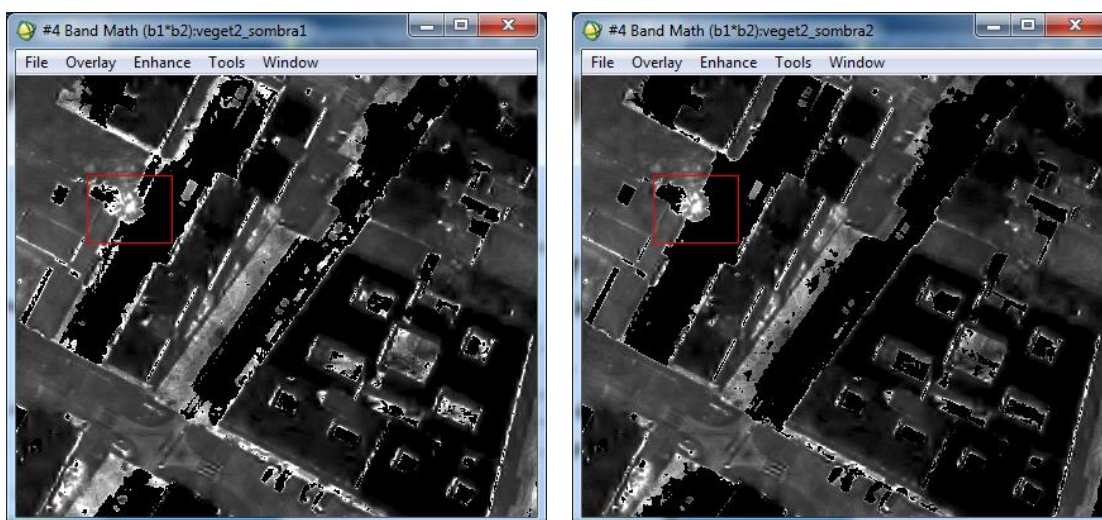




Fig. 22. Vegetación sin sombras 2\_1, 2\_2 y 2\_3

#### 6.2.2.4. Obtención de umbral vegetación/no vegetación

Una vez se ha eliminado las sombras de la imagen de vegetación, se procede a crear los umbrales vegetación/no vegetación para crear una máscara donde se obtenga un valor 1 para la vegetación y 0 para el resto; esto va a permitir extraer en formato vectorial la vegetación para, más tarde, poder recortar los datos LiDAR y obtener un MDS libre de vegetación.

- Umbral veget1\_sombra1: 1.2 – 1000000
- Umbral veget1\_sombra2: 1.2 – 1000000 y 1.25 – 1000000
- Umbral veget1\_sombra3: 1.2 – 1000000
  
- Umbral veget2\_sombra1: 1.15 – 1000000
- Umbral veget2\_sombra2: 1.1 – 1000000
- Umbral veget2\_sombra3: 1.1 – 1000000

#### 6.2.2.5. Máscara de vegetación final

A partir del umbral calculado anteriormente, se procede al cálculo de la máscara de vegetación final donde la vegetación va a tener un valor de 1 y el resto de zonas un valor de 0.

- Máscara final vegetación 1, sombras 1 y umbral 1.2:

Como se observa en las imágenes, la máscara recoge la vegetación pero no en su totalidad como se observa en la zona de la avenida (recuadro azul) y además, recoge los bordes de las sombras.



Fig. 23. Máscara final vegetación 1, sombra 1 y umbral 1.2

- Máscara final vegetación 1, sombras 2 y umbral 1.2:



Fig. 24. Máscara final vegetación 1, sombra 2 y umbral 1.2

- Máscara final vegetación 1, sombras 3 y umbral 1.2:

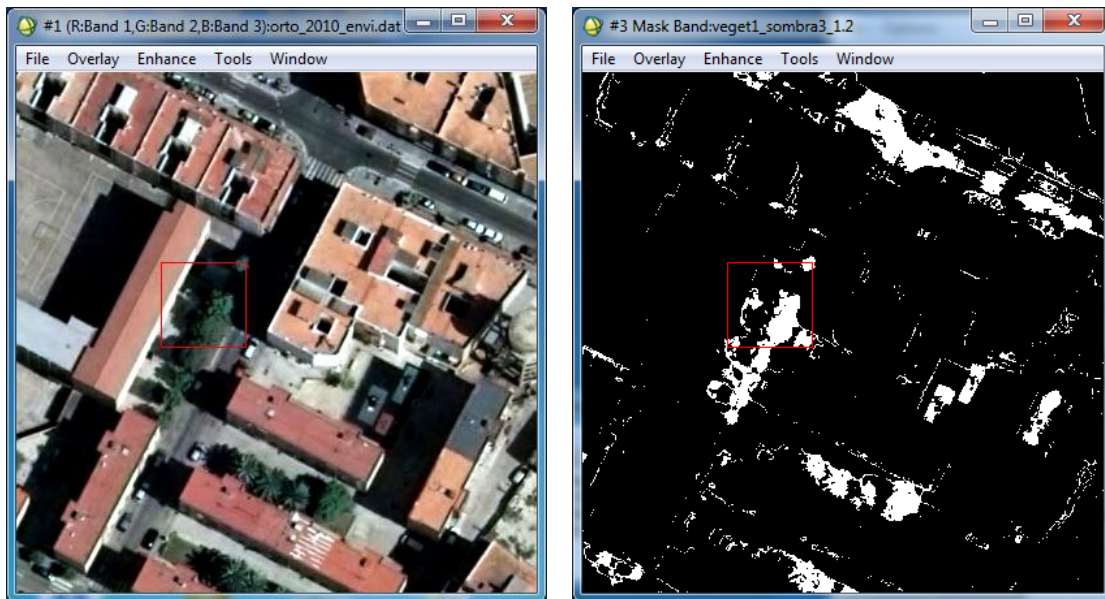


Fig. 25. Máscara final vegetación 1, sombra 3 y umbral 1.2

- Máscara final vegetación 2, sombras 1 y umbral 1.15:

En este caso, si se pone un umbral de 1.1 se recoge zonas de edificaciones y de sombras, mientras que si subimos el umbral a 1.2 se pierde vegetación por lo que se decide poner un valor de 1.15.

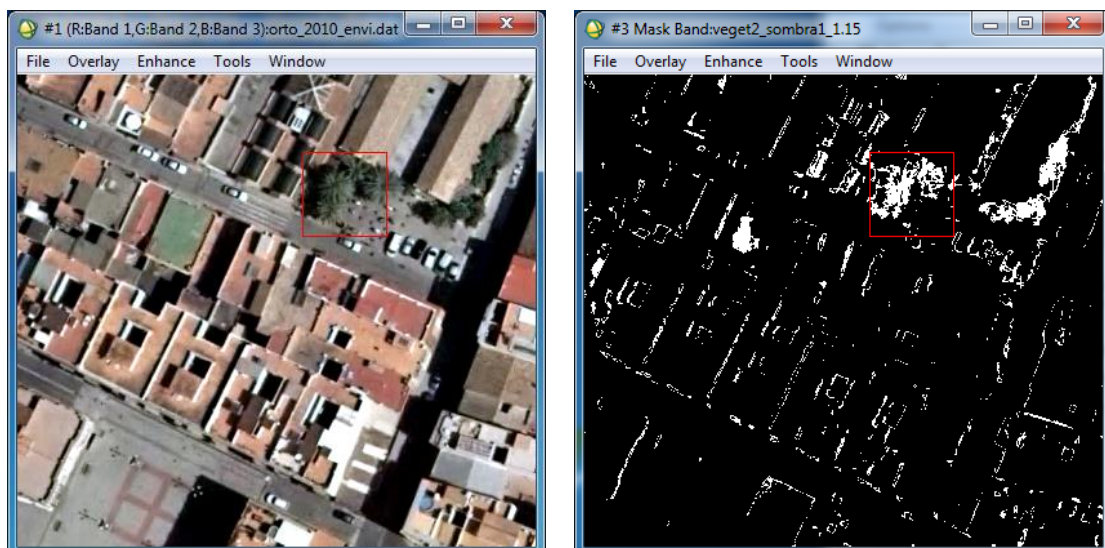


Fig. 26. Máscara final vegetación 2, sombra 1 y umbral 1.15



- Máscara final vegetación 2, sombras 2 y umbral 1.1:

Se ha puesto un umbral de 1.1 que recoge zonas de edificaciones y sombras, en este caso, estas zonas se podrían recortar mediante la capa de edificaciones.

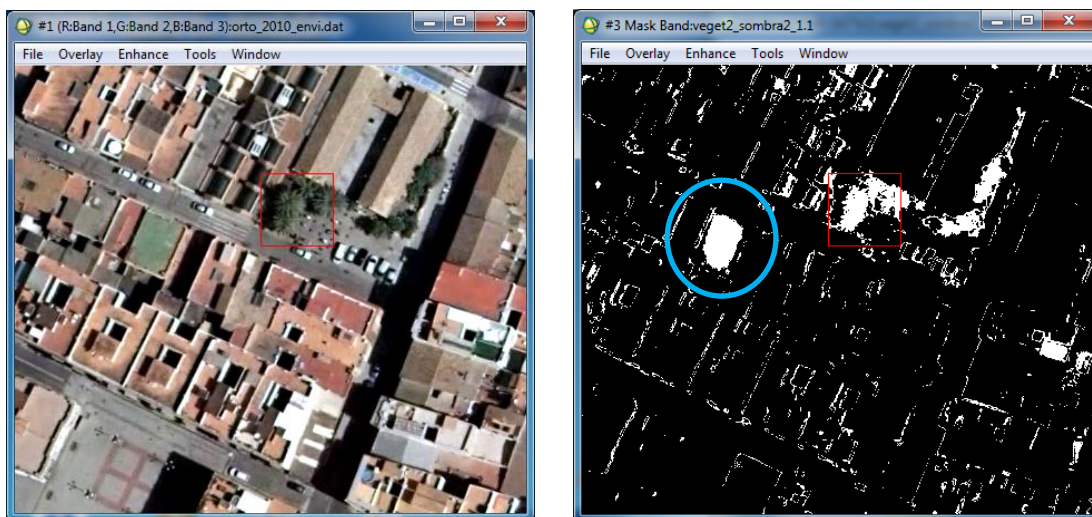


Fig. 27. Máscara final vegetación 2, sombra 2 y umbral 1.1

- Máscara final vegetación 2, sombras 3 y umbral 1.1:

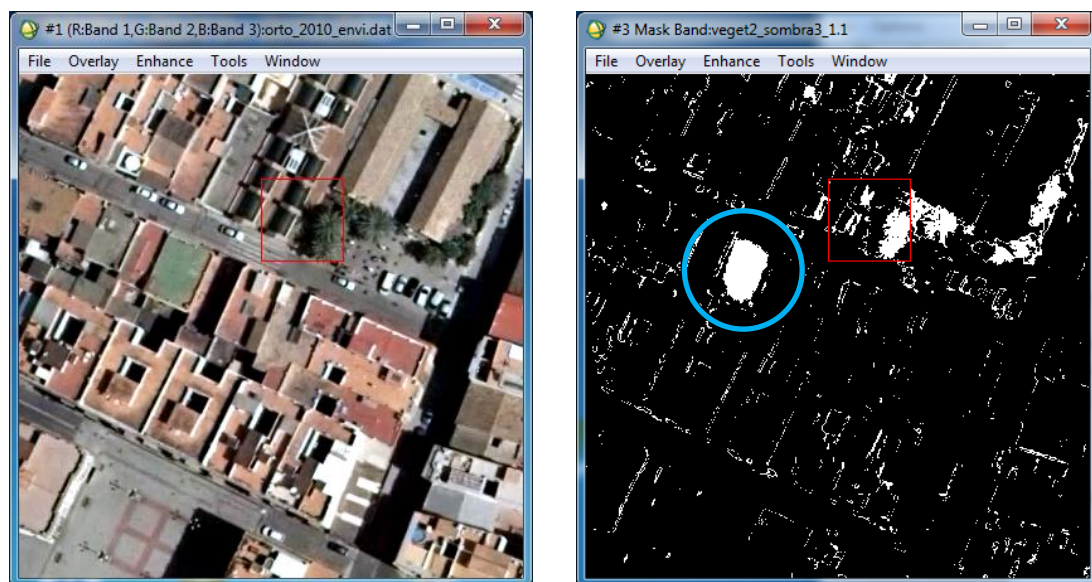


Fig. 28. Máscara final vegetación 2, sombra 3 y umbral 1.1

#### 6.2.2.6. Segmentación de la máscara para eliminar píxeles aislados

Una vez que se ha generado la máscara de vegetación/no vegetación, se procede a realizar una segmentación y poder eliminar los píxeles aislados mediante un número de píxeles mínimo que conformen un grupo de píxeles. Al generar la segmentación, cada grupo de píxeles que no tenga valor 0, tiene un valor distinto por lo que va a ser necesario generar una máscara nueva donde todos los grupos de píxeles que tengan valor distinto de 0, se conviertan a 1; para ello, se va a dividir la segmentación por sí misma.

De todas las pruebas que se han realizado para obtener la información de la vegetación, se ha escogido la composición de bandas "Banda verde/Banda roja+1" por ser la que mejor discrimina entre vegetación/sombra y la máscara de sombras realizada a partir de la "media+3\*desviación típica" ya que obtiene en un mayor grado las sombras que el resto. Por tanto, la segmentación se va a realizar sobre el archivo veget1\_sombra3\_1.2. Se va a considerar una agrupación mínima de 20 píxeles y un vecindario de 4 píxeles para poder eliminar las sombras de los bordes de edificaciones que están en filas diagonales.

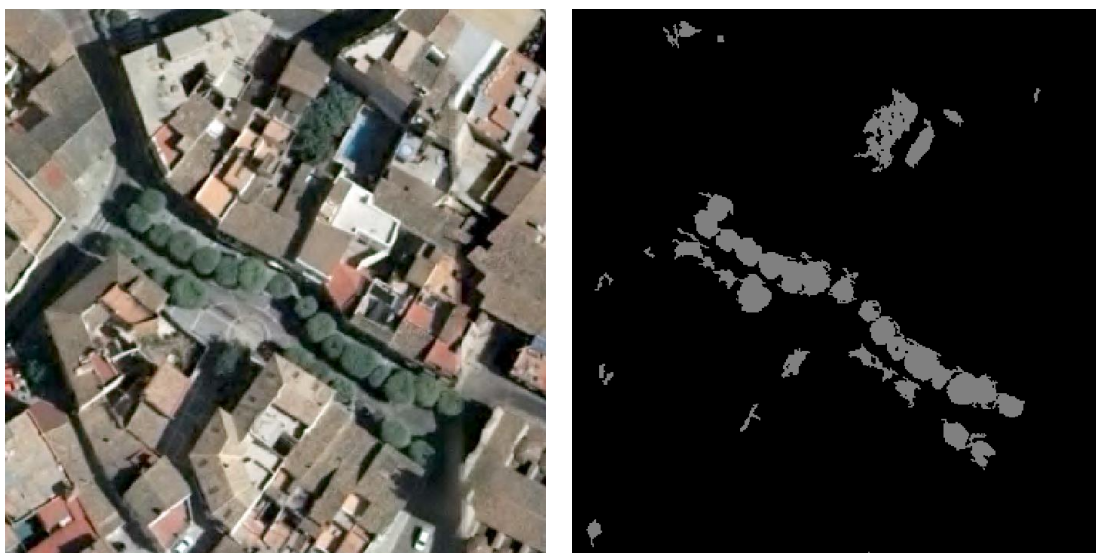


Fig. 29. Máscara final sin píxeles aislados

#### 6.2.2.7. Conversión de ráster a vectorial

Una vez se tiene el ráster con la información de la vegetación, se procede a convertirla a formato vectorial (en este caso polígonos) a partir de los cuales se va a recortar la nube de puntos LiDAR, en apartados posteriores, para que la vegetación no aparezca en el cálculo de alturas de edificaciones. Además, mediante el comando de ArcMap llamado *Dissolve* se reduce el número de entidades y así agilizar procesos.

### 6.3. Pre-procesado de los datos LiDAR

A continuación se van a procesar las nubes de puntos LiDAR para obtener los modelos digitales tanto del terreno como de superficie. Para ellos se va a hacer uso del software FUSION.

#### 6.3.1. Unión de los ficheros .las de la zona de estudio

Se hace un fichero .txt llamado “zona\_estudio.txt” donde se van a copiar todas las rutas de los ficheros .LAS para poder hacer ejecutar el comando *Merge* que permite unir los ficheros, dando como resultado un único fichero. El comando *Merge* se genera, primeramente, como fichero de texto llamado “merge.txt” y posteriormente, su guarda como .bat para poder ejecutarlo.

*zona\_estudio.txt:*

```
D:\TFM\LiDAR_PNOA_2x2km\PNOA_2009_LOTE8_VAL_726-4376_ORT-CLA-COL.las
D:\TFM\LiDAR_PNOA_2x2km\PNOA_2009_LOTE8_VAL_726-4378_ORT-CLA-COL.las
D:\TFM\LiDAR_PNOA_2x2km\PNOA_2009_LOTE8_VAL_728-4374_ORT-CLA-COL.las
D:\TFM\LiDAR_PNOA_2x2km\PNOA_2009_LOTE8_VAL_728-4376_ORT-CLA-COL.las
D:\TFM\LiDAR_PNOA_2x2km\PNOA_2009_LOTE8_VAL_728-4378_ORT-CLA-COL.las
D:\TFM\LiDAR_PNOA_2x2km\PNOA_2009_LOTE8_VAL_730-4374_ORT-CLA-COL.las
D:\TFM\LiDAR_PNOA_2x2km\PNOA_2009_LOTE8_VAL_730-4376_ORT-CLA-COL.las
D:\TFM\LiDAR_PNOA_2x2km\PNOA_2009_LOTE8_VAL_730-4378_ORT-CLA-COL.las
```

*merge.txt:*

```
C:\FUSION\MergeData          D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\zona_estudio.txt
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\merge.las
```

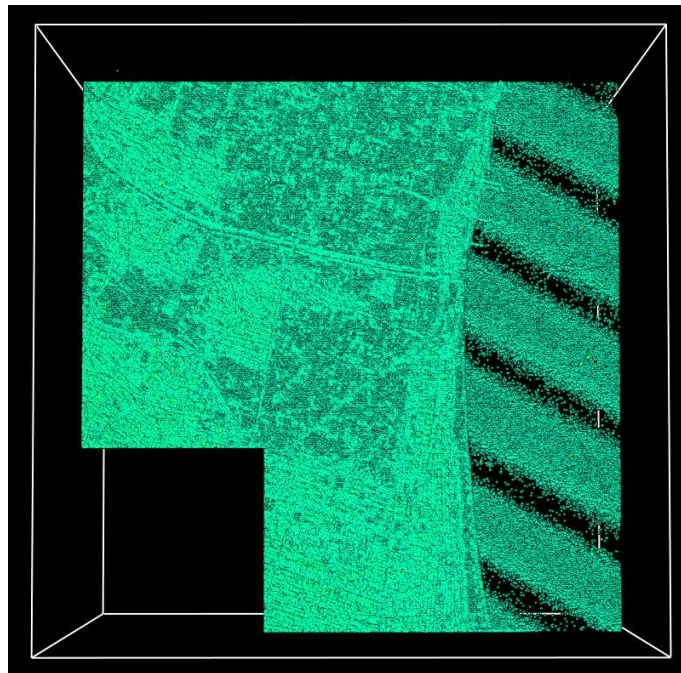


Fig. 30. Unión de los ficheros .LAS

### 6.3.2. Recorte de la nube de puntos con la capa de la zona de estudio

Para recortar la nube de puntos con la extensión de la zona de estudio, se crea un fichero .txt llamado "polyclip.txt" donde se utiliza la capa llamada "zona\_estudio.shp" y el comando *PolyClipData*. Como se puede apreciar en la figura 31, existen gran cantidad de los llamados outliers, es decir, puntos que no corresponden a nada, ruido o interferencias en la señal.

*polyclip.txt*:

```
C:\FUSION\PolyClipData          D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\zona_estudio.shp
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\lidar_clip.las
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\merge.las
```

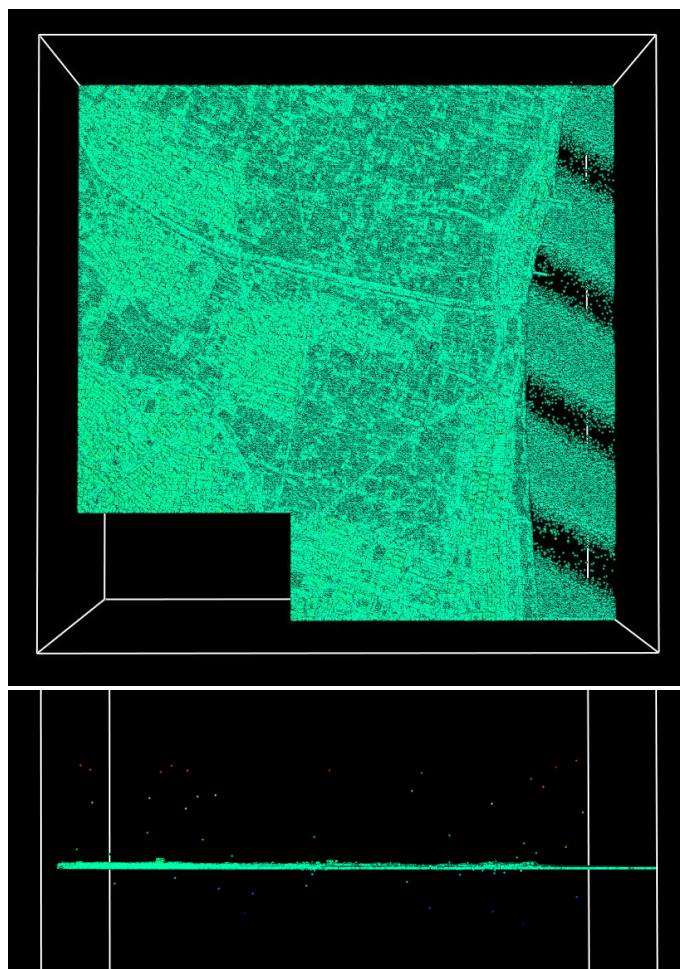


Fig. 31. Recorte de fichero .LAS según zona de estudio

### 6.3.3. Eliminación de outliers

A continuación, se hace uso del comando *FilterData* para deshacerse de los outliers que se han visto anteriormente. Este comando aplica varios filtros para devolver archivos de datos para producir nuevos archivos de datos con los retornos que cumplen los requisitos del filtro. Las opciones introducidas son:

- minsd:1.5 Desviación estándar mínima para puntos dentro de una ventana de comparación para que se produzca el filtrado.
- minpts:10 Número mínimo de puntos en la ventana de comparación para que se realice el filtrado.

En la figura 32 se muestra la nube de puntos sin los outliers y se puede apreciar que la rampa de colores según la elevación ya tiene sentido ya que los edificios se caracterizan por un color rojizo y va disminuyendo progresivamente hasta el azul que es el terreno.

*filter\_data.txt:*

```
C:\FUSION\FilterData          outlier          1.5          10
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\lidar_sin_outliers\filter_lidar.las
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\lidar_clip.las
```

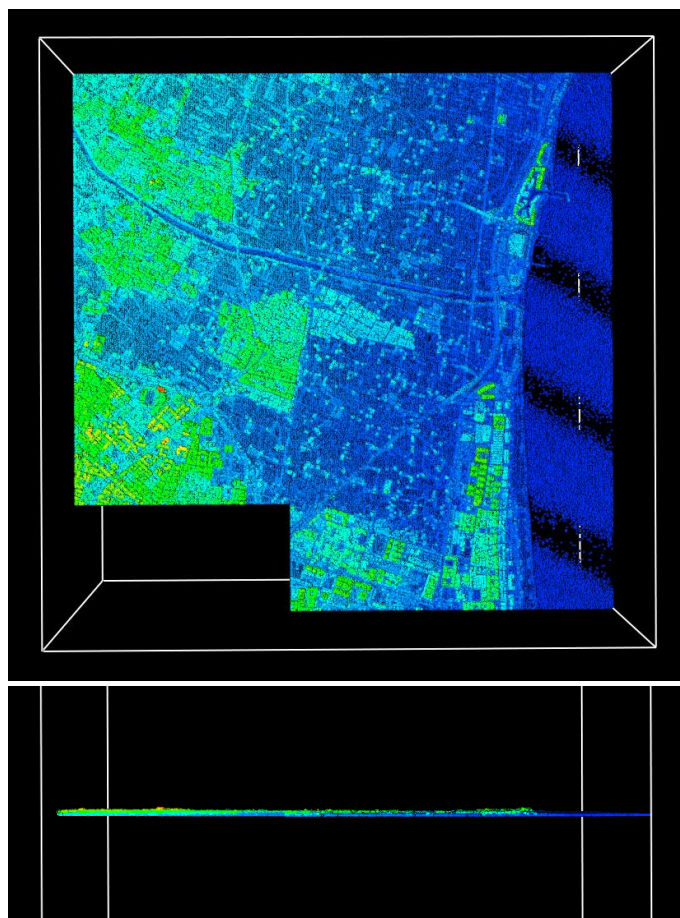


Fig. 32. Fichero .LAS sin outliers

#### 6.3.4. Selección de los puntos pertenecientes al suelo

Para la generación del Modelo Digital del Terreno (MDE), previamente, se ha de eliminar todo lo que está sobre el suelo (edificios, coches, vegetación...); para ello, se hace uso del comando *GroundFilter*. Este comando está diseñado para filtrar una nube de retornos LIDAR para identificar los retornos que se encuentran en la posible superficie del suelo (puntos de tierra desnuda); no produce un conjunto perfecto de retornos de tierra desnuda, ya que no elimina por completo los retornos de superficies grandes,

relativamente planas y elevadas, como los techos de edificios. La mayoría de los retornos de vegetación se eliminan con los coeficientes apropiados para la función de peso y suficientes iteraciones. Lo más importante es la ventana para eliminar primero los edificios, por tanto, debe entrar tanto edificio como suelo de verdad.

Se han probado varios parámetros, “g” y “w”, para la obtención de la nube de puntos perteneciente al suelo mediante este comando pero no se obtienen unos resultados óptimos, por ello, se opta por la metodología que sigue.

#### 6.3.4.1. Extraer puntos clasificados como “suelo” y recorte mediante shapefile de construcciones

Dado que no se ha conseguido obtener unos valores óptimos de los parámetros, se pretende extraer los puntos clasificados como suelo “Ground” mediante el comando *ClipData* y, junto con la capa de edificios, recortar la nube de puntos para aplicarle posteriormente el comando *Groundfilter* y depurar los posibles puntos mal clasificados y que quede el verdadero terreno.

Por tanto, se aplica el comando *ClipData* a la nube de puntos sin outliers para seleccionar la clase “Ground” (/class:2) que se pretende extraer; además, se selecciona la extensión de la zona de estudio ya que lo requiere el comando.

*clipdata.txt*:

```
C:\FUSION\ClipData /class:2
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\lidar_sin_outliers\filter_lidar.las
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\Ground\ground.las 726000,000 4372999,990
730999,990 4377999,990
```

Como se observa en la siguiente figura, existen zonas mal clasificadas, es decir, que han sido clasificadas como suelo cuando en realidad pertenecen a otra clase. Para solucionar esto, se va a recortar la nube de puntos mediante el uso de la capa vectorial de polígonos de catastro.

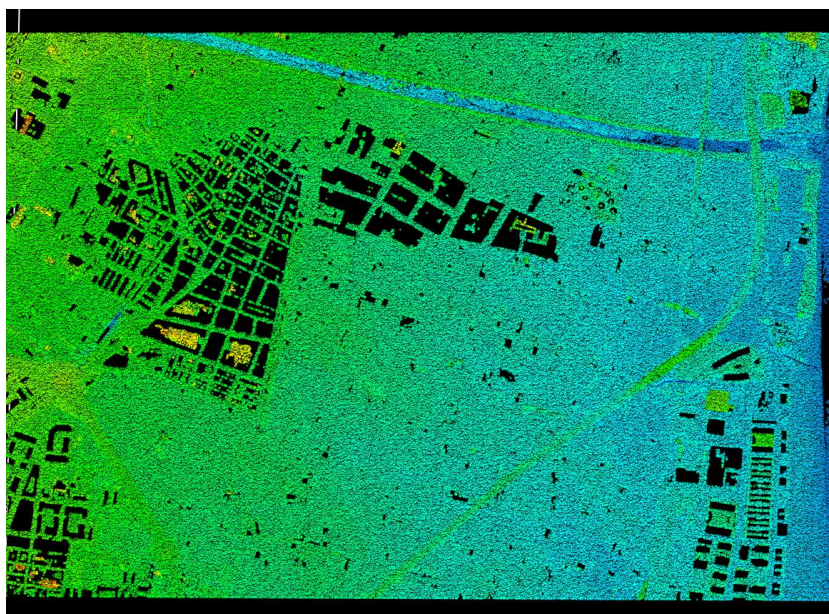


Fig. 33. Nube de puntos clase "Ground"

Ya que la capa "CONSTRU" de catastro contiene algunos polígonos del tipo suelo, patio, planta baja, etc... se opta por hacer una selección por atributos seleccionando únicamente las construcciones que están por encima de la superficie y se exportan a una nueva capa que va a servir de recorte de esta nube de puntos con la clasificación de suelo.

Además, mediante el comando *Dissolve* de ArcMap, se reduce el número de polígonos agrupándolos por medio del campo MASA para que al hacer el recorte, el proceso reduzca su tiempo de ejecución y sea más eficaz. Con esta capa, se pretende recortar la nube de puntos generada a partir de los puntos clasificados como suelo mediante el comando *PolyClipData* de FUSION y así, eliminar las posibles zonas de la nube de puntos donde existen todavía elementos de edificación.

El comando *PolyClipData* recorta datos de punto mediante el uso de polígonos almacenados como archivos shapefile de ESRI. Por defecto, produce un único archivo de salida que contiene todos los puntos que están en el interior de los polígonos de recorte; en este caso, se pretende obtener los puntos que están en el exterior de los polígonos, por ello, se utiliza la opción "/outside".





Fig. 34. Comando Dissolve

*polyclip\_suelo\_2.txt:*

```
C:\FUSION\PolyClipData /outside
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\CONSTRU_uso_clip_dissolve.shp
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\Ground\ground_clip_2.las
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\Ground\ground_clip.las
```

Se puede observar que se han reducido bastante los puntos mal clasificados; sin embargo, se va a utilizar el comando *GroundFilter* para depurar el proceso y eliminar posibles elementos por encima del terreno como pueden ser árboles, coches, etc... para poder generar el Modelo Digital del Terreno.

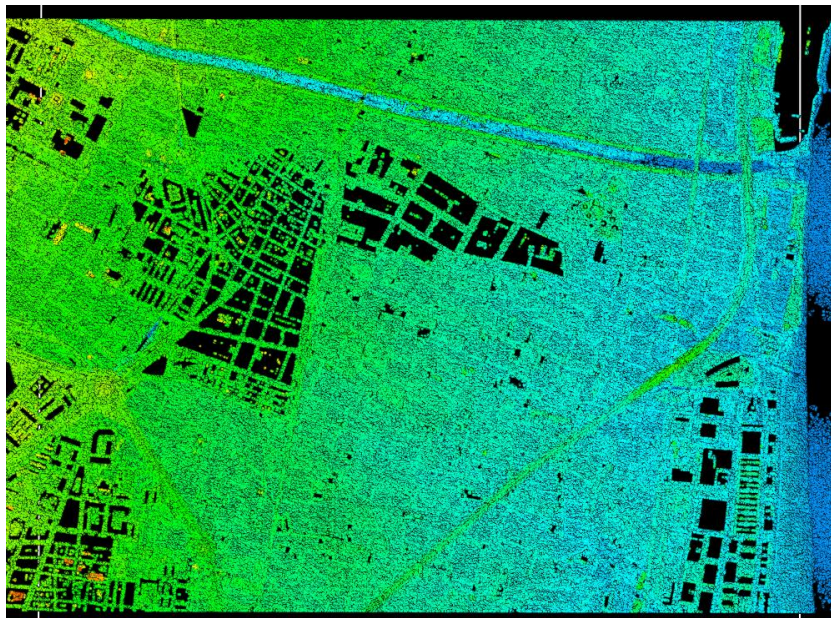


Fig. 35. Nube de puntos con recorte de polígonos

#### 6.3.4.2. GroundFilter

En este caso, tras la selección de los puntos clasificados como terreno y el recorte generado a los mismos mediante la capa de polígonos, se resuelve la obtención de los puntos del terreno mediante la aplicación del comando *GroundFilter*.

Después de varias pruebas combinando diferentes parámetros, se opta por la aplicación de 2 opciones. A continuación se muestran estas opciones que van a servir para la generación del MDE.

*ground\_filter\_poli\_1.txt:*

```
c:\fusion\GroundFilter      /gparam:1      /wparam:2.5      /iterations:8
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_1\groundfilter_1.las      40
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\Ground\ground_clip_2.las
c:\fusion\GroundFilter      /gparam:0      /wparam:1.5      /iterations:8
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_1\groundfilter_2.las      20
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_1\groundfilter_1.las
c:\fusion\GroundFilter      /gparam:0      /wparam:0.75      /iterations:8
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_1\groundfilter_3.las      10
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_1\groundfilter_2.las
c:\fusion\GroundFilter      /gparam:0      /wparam:0.25      /iterations:8
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_1\groundfilter_4.las      3
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_1\groundfilter_3.las
```

*ground\_filter\_poli\_2.txt:*

```

c:\fusion\GroundFilter      /gparam:1      /wparam:2.5      /iterations:8
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_2\groundfilter_1.las      40
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\Ground\ground_clip_2.las
c:\fusion\GroundFilter      /gparam:0.5    /wparam:1        /iterations:8
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_2\groundfilter_2.las      20
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_2\groundfilter_1.las
c:\fusion\GroundFilter      /gparam:0      /wparam:0.75    /iterations:8
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_2\groundfilter_3.las      15
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_2\groundfilter_2.las
c:\fusion\GroundFilter      /gparam:0      /wparam:0.25    /iterations:8
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_2\groundfilter_4.las      10
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_2\groundfilter_3.las

```

### 6.3.5. Generación del Modelo Digital de Elevaciones

A continuación, se va a hacer uso del comando *GridSurfaceCreate* para la generación del MDE. Estos 2 modelos generados a partir de las 2 opciones anteriores, van a ser analizados para obtener el que mejor se adapte a la realidad.

El comando *GridSurfaceCreate* crea una malla de superficie terreno utilizando colecciones de puntos aleatorios. El modelo de superficie se almacena en formato PLANS DTM utilizando valores de elevación en coma flotante. Las elevaciones de celdas individuales se calculan usando la elevación media de todos los puntos dentro de la celda. Las zonas que no contienen información las interpola para rellenar con información de las zonas vecinas.

Se va a generar los distintos modelos con 1 metro de resolución. Además, se convierten a formato ASCII para poder procesarlos, posteriormente, desde ArcMap.

*grid\_surface\_create\_1.txt:*

```

C:\FUSION\GridSurfaceCreate
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\MDE_grid_surface_create\MDE_1\MDE_1.dtm 1 M M 1
30 0 0 D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_1\groundfilter_4.las
C:\FUSION\DTM2ASCII
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\MDE_grid_surface_create\MDE_1\MDE_1.dtm
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\MDE_grid_surface_create\MDE_1\MDE_1.asc

```

*grid\_surface\_create\_2.txt:*

```

C:\FUSION\GridSurfaceCreate
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\MDE_grid_surface_create\MDE_2\MDE_2.dtm 1 M M 1
30 0 0 D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\ground_filter_poligono_2\groundfilter_4.las

```

```
C:\FUSION\DTM2ASCII  
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\MDE_grid_surface_create\MDE_2\MDE_2.dtm  
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\MDE_grid_surface_create\MDE_2\MDE_2.asc
```

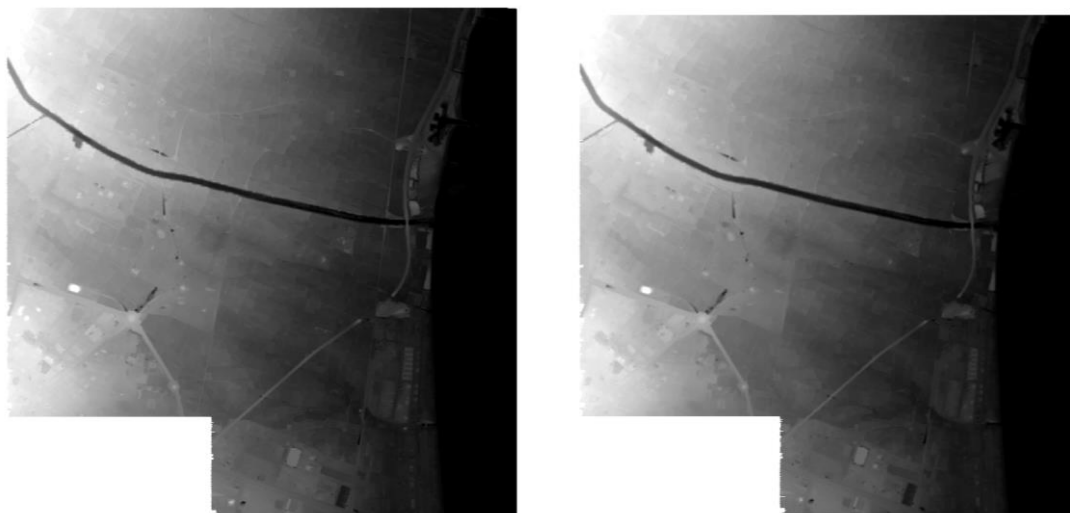


Fig. 36. MDE\_1 y MDE\_2 generados

#### 6.3.5.1. Cálculo del RMSE de los MDE

Se pretende realizar el cálculo de la Raíz Cuadrada del Error Medio Cuadrático de los MDE para observar cuál de los 2 modelos representa mejor la superficie del terreno. Para ello, se pretende crear un *LAS Dataset* para cargar los datos LiDAR utilizados (que contienen los puntos clasificados como “Ground” y el recorte de los polígonos de edificios) y a partir de este dataset, obtener una capa vectorial de puntos con los puntos LiDAR. Con esta capa vectorial, se pretende seleccionar puntos representativos del terreno y mediante ellos, obtener los valores de elevación tanto en el MDE\_1 como en el MDE\_2 y poder compararlos con la nube de puntos original para obtener un MDE que se asemeje lo más fielmente a la realidad. Todo este proceso se va a realizar desde ArcMap.

Para crear la entidad multipunto en formato vectorial se utiliza el comando *LAS to Multipoint*, este comando solicita, mediante la opción *average\_point\_spacing*, la distancia 2D promedio aproximada entre puntos en el archivo de entrada. Según la información obtenida anteriormente sobre los datos LiDAR, la densidad de puntos es de 0.5 pto/m<sup>2</sup> lo que implica una distancia de alrededor de 1.41m. Por tanto, la distancia promedio a utilizar, va a ser de 1 metro.

Dado que estos puntos están agrupados en diferentes identificadores, se van a separar para poder obtener su cota de forma individual y poder trabajar con ellos mediante el comando *Multipart To SinglePart*.



Fig. 37. Nube de puntos LiDAR en formato vectorial

A continuación, se crea un campo nuevo de tipo FLOAT llamado “Cota\_Lidar” en el que se va a calcular la geometría, en este caso, la coordenada Z de la nube de puntos LiDAR. Con esta capa de puntos generada y mediante la ortofoto, se seleccionan alrededor de 100 puntos que representen lo mejor posible el nivel del suelo y se exportan a una capa nueva.

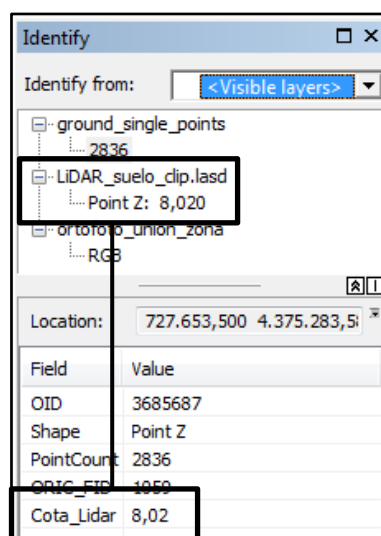


Fig. 38. Correspondencia de Z LiDAR y Z del campo “Cota\_Lidar”



Fig. 39. Selección de 100 pts representativos del terreno

Mediante el comando *Extract multi values to points* se va a extraer el valor de los MDE en la tabla de atributos de la capa que contiene los puntos representativos. La tabla generada se exporta como formato .dbase para poder ser abierta desde Excel y realizar el cálculo del RMSE.

La desviación media cuadrática (RMSE) o el error cuadrático medio (RMSE) es una medida de uso frecuente de las diferencias entre los valores (valores muestrales y poblacionales) predichos por un modelo o un estimador y los valores realmente observados; representa la desviación estándar de la muestra de las diferencias entre los valores predichos y los valores observados. Cuanto menor sea el valor que se obtenga, menor será la diferencia entre el modelo y la realidad.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos con ambos modelos. Dado que el MDE\_1 ofrece un valor de RMSE menor, se presupone que este modelo es el mejor representa la realidad y, por lo tanto, es el que debería escogerse como MDE. A partir de este modelo se van a obtener toda la información que sea necesaria derivar del MDE (MDSn, Z terreno,...).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\hat{y}_t - y_t)^2}{n}}$$

RMSE MDE_1	RMSE MDE_2
<b>0,0790</b>	<b>0,1209</b>

Tabla. 2. Resultados RMSE

### 6.3.6. Selección de los puntos pertenecientes a la superficie

Para crear el Modelo Digital de Superficie se pretende eliminar la vegetación ya que ésta causa errores altimétricos al confundirse con edificaciones. Para ello, se procede a eliminar del archivo .LAS (archivo sin outliers) las clases pertenecientes a vegetación (clases: 3, 4, 5) mediante el comando *ClipData* de FUSION. Además, existen puntos de vegetación que han sido clasificados como otro tipo por lo que no basta eliminar estos puntos únicamente sino que, mediante los polígonos extraídos de la composición de bandas generadas anteriormente (Banda Verde / Banda Roja + 1) se pretende recortar el archivo .las con el comando *PolyClipData* de FUSION.

#### 6.3.6.1. Eliminación de la clase “Vegetación” del archivo .LAS

Por tanto, el primer paso es eliminar las clases de vegetación (clases: 3, 4, 5) del archivo .LAS. Este comando permite extraer a un nuevo archivo .LAS las clases seleccionadas pero añadiendo “~” al principio de la clase, se permite exportar todos los puntos salvo las clases que se hayan listado.

*clipdata\_sin\_vegetacion.txt:*

```
C:\FUSION\ClipData /class:~3,4,5
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\lidar_sin_outliers\filter_lidar.las
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\lidar_sin_vegetacion\no_vegetation.las 726000,000
4372999,990 730999,990 4377999,990
```

Se puede apreciar, en la siguiente imagen, que apenas se distingue el cambio entre dejar la clase de vegetación o quitarla; por ello, se procede a ejecutar el segundo paso en el que se van a utilizar los polígonos extraídos de la máscara de vegetación para eliminar la posible vegetación mal clasificada.

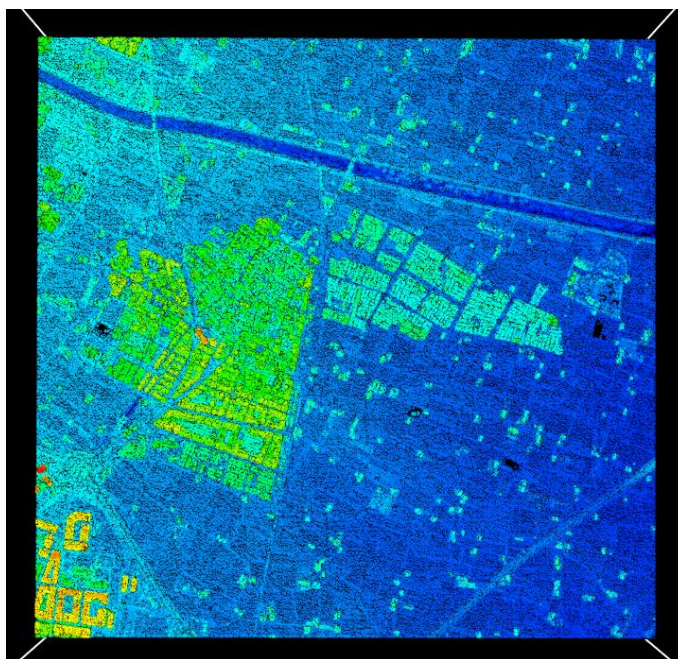


Fig. 40. Fichero .LAS sin clase "Vegetación"

#### 6.3.6.2. Eliminación de vegetación mal clasificada mediante los polígonos de vegetación

Una vez se han extraído los puntos con la clasificación de vegetación se procede a recortar el archivo .LAS mediante polígonos de vegetación, obtenidos a través de la máscara generada anteriormente, y así obtener una nube de puntos LiDAR libre de vegetación. Este proceso se va a realizar mediante el comando *PolyClipData*.

*polyclip\_vegetation\_2.txt*:

```
C:\FUSION\PolyClipData /outside
D:\TFM\Filtro_imagen\poligonos_vegetacion\poligono_vegetacion_dissolve_2.shp
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\lidar_sin_vegetacion\no_vegetation_poly_2.las
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\lidar_sin_vegetacion\no_vegetation_poly.las
```

En la figura 41 se aprecia la eliminación total de la vegetación ya que algunos campos de cultivos que estaban con vegetación han sido eliminados.



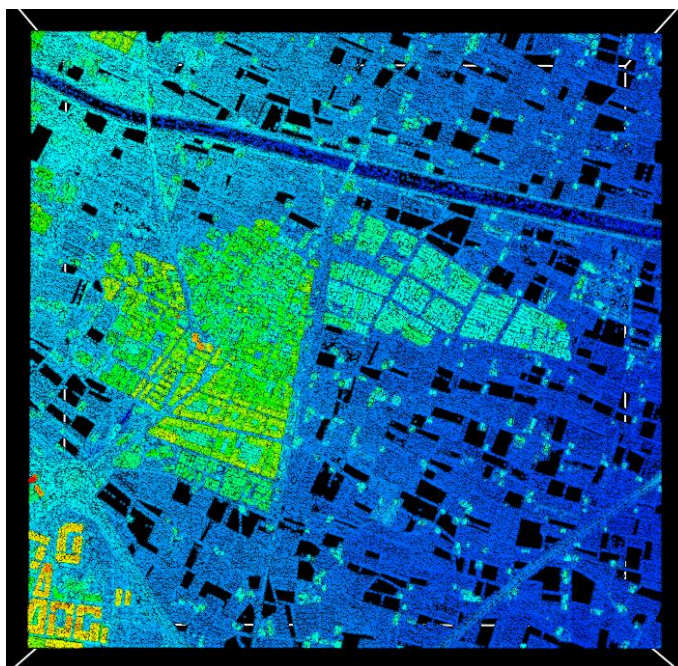


Fig. 41. Fichero .LAS libre de vegetación

### 6.3.7. Generación del Modelo Digital de Superficie

Mediante el fichero .LAS libre de vegetación y mediante el comando *CanopyModel* de FUSION se pretende obtener el MDS con 1 metro de resolución.

El comando *CanopyModel* crea un modelo de la cubierta superficial utilizando una nube de puntos LIDAR. De forma predeterminada, el algoritmo utilizado asigna la elevación del retorno más alto dentro de cada celda de cuadrícula al centro de celda de cuadrícula. El comando proporciona el suavizado de la superficie generada utilizando un filtro mediana o medio o ambos. La salida es un archivo DTM de formato PLANS que utiliza valores de elevación de punto flotante y contiene información de proyección de coordenadas. En la figura 42 se puede observar los huecos presentes en el MDS debido a que corresponden a cultivos en los que se ha detectado vegetación y, por tanto, se eliminan.

*canopy\_model\_no\_vegetation.txt:*

```
C:\FUSION\CanopyModel
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\MDS_canopy_model\MDS_no_vegetacion\MDS_no_vegetation.
dtm      1      M      M      1      30      0      0
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\lidar_sin_vegetacion\no_vegetation_poly_2.las

C:\FUSION\DTM2ASCII
D:\TFM\Generacion_MDT_MDS\MDS_canopy_model\MDS_no_vegetacion\MDS_no_vegetation.
dtm
```

D:\TFM\Generacion\_MDT\_MDS\MDS\_canopy\_model\MDS\_no\_vegetacion\MDS\_no\_vegetation.  
asc



Fig. 42. MDS sin vegetación

#### 6.3.8. Generación del Modelo Digital de Superficie normalizado

A partir de la combinación de los modelos generados anteriormente (MDE y MDS) se va a obtener el Modelo Digital de Superficie Normalizado (MDSn) que contiene las alturas de los elementos que están sobre la superficie del terreno.

Para la obtención del MDSn se va a hacer uso de la calculadora ráster en la que se va a insertar la operación:  $MDS - MDE$ .

$$MDSn = MDS - MDE$$



Fig. 43. MDSn sin vegetación

#### 6.4. Obtención de alturas

Dado que el objetivo de este Trabajo Final de Máster es el de detectar y localizar las incidencias catastrales existentes en el municipio de Alboraiá, se ha de obtener las alturas medias de las construcciones de una misma planta para poder asignar una altura a cada planta catastral y compararlas con los datos procedentes de LiDAR y, así, poder identificar estas incidencias. Se podría establecer una altura fija por planta pero se ha creído conveniente utilizar distintos métodos para la obtención de la misma.

En los siguientes apartados, se procede a desarrollar los 4 métodos planteados para asignar una altura media por planta catastral aunque, únicamente, va a ser aplicado uno de ellos. La elección del método aplicado, se va a justificar más adelante.

##### 6.4.1. Obtención de la densidad mínima de puntos por parcela

Existe una problemática en cuanto al cálculo de alturas para algunos patios interiores y deslunados ya que si el edificio tiene una altura considerable y el láser no está completamente vertical, los puntos correspondientes a esos patios que serían alturas bajas, los toma en ángulo y obtiene puntos de la fachada con alturas elevadas; esto hace que para un patio interior de un edificio elevado se obtengan alturas similares a la altura del edificio, lo cual no es cierto. Además, en este tipo de parcelas, tampoco se obtienen demasiados puntos por el hecho de no estar en la vertical y que su área suele ser

reducida. Por lo que un polígono que no tiene puntos LiDAR, su cota de partida es incorrecta y no se debe utilizar para calcular la altura media de una determinada planta.

Este hecho, influye a la hora de obtener el Modelo Digital de Superficies ya que al no llegar los puntos al suelo, interpola los de alrededor y crea una superficie elevada y que no es real. Por ello, se pretende obtener la densidad de puntos que existe en cada parcela y establecer un umbral que permita considerar a partir de qué densidad se va a considerar como dato viable y cuales no van a ser tomados en cuenta para el cálculo de alturas y, por lo tanto, de incidencias ya que no se dispone de información suficiente para ello. Además, prácticamente la mayoría de las parcelas de este tipo tienen sus puntos repartidos alrededor del polígono ubicándose aproximadamente en el límite del mismo, figura 44, y que probablemente contengan en valor de altura de las parcelas con las que lindan. Para evitar esto, se va a generar un buffer de -0.25 metros a los polígonos para reducir su área y poder generar la densidad por polígono sin tener en cuenta los puntos límite del mismo y que considere únicamente los centrales.

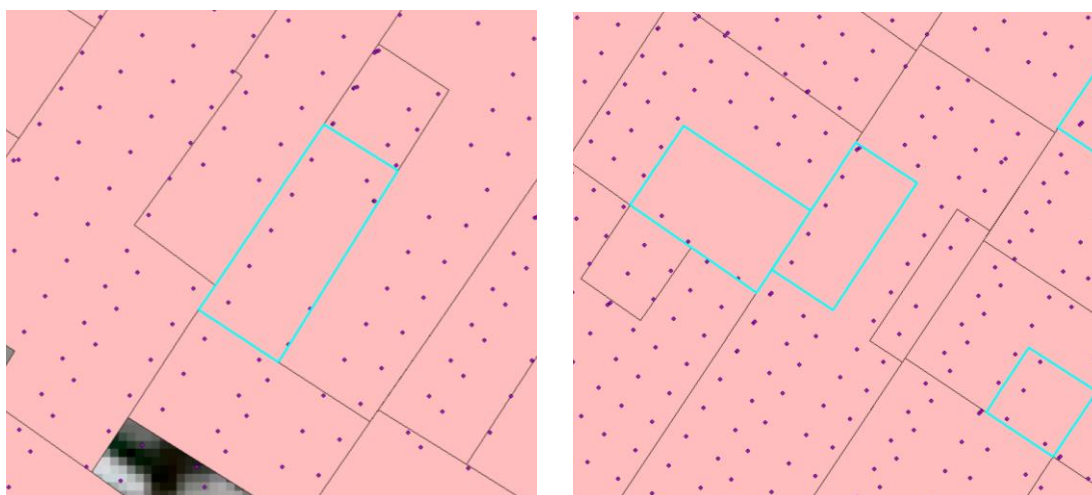


Fig. 44. Puntos en el límite de las parcelas de estudio

Se va a utilizar como fichero de puntos, la nube de puntos LiDAR sin outliers ya que contiene todos los puntos tomados originalmente y contiene el número de puntos reales. La combinación de esta nube de puntos y el buffer de -0.25m va a permitir obtener la densidad de puntos por parcela.

#### 6.4.1.1. Buffer de -0.25m

A partir del shapefile de las construcciones, "CONSTRU\_uso.shp", se aplica el comando de ArcMap llamado *Buffer* que reduce el área de los polígonos la distancia especificada.

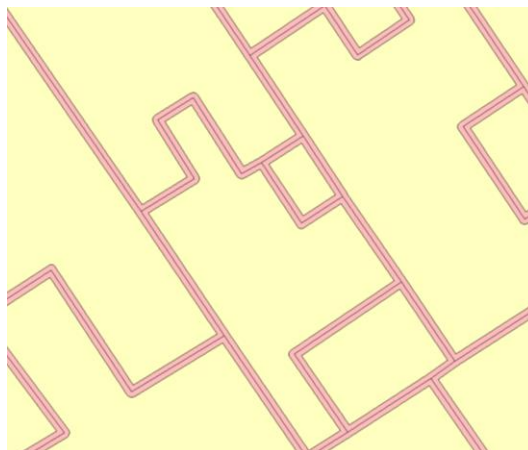
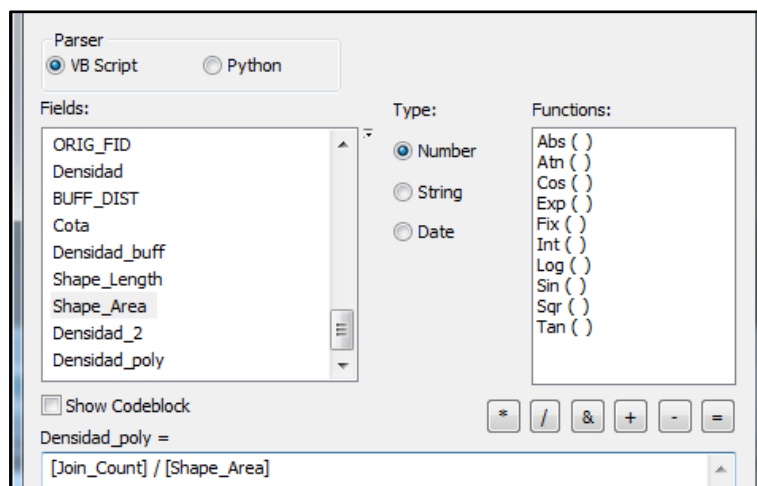


Fig. 45. Buffer de -0.25m

#### 6.4.1.2. Cálculo de la densidad de puntos por polígono

Como se ha realizado anteriormente, para convertir el archivo .LAS a formato vectorial, se hace uso del comando *Las To Multipoint* y del comando *Multipart To Singlepart* para separar los puntos de forma individual.

A continuación, para poder contar los puntos que existen contenidos en cada polígono se utiliza la herramienta *Spatial Join* con la opción de correspondencia *Intersect*. Esta herramienta crea una nueva capa, contabilizando los puntos que existen dentro de cada polígono. Siempre se agregan dos nuevos campos llamados “Join\_Count” y “TARGET\_FID” a la clase de entidad de salida. “Join\_Count” indica cuántas entidades de unión coinciden con cada entidad de destino. Mediante la calculadora ráster, se genera una división de este último campo entre el campo “Shape\_Area” y se obtiene el valor de densidad de puntos para cada polígono en un nuevo campo llamado “Densidad\_poly”.



ORIG FID	BUFF DIST	Cota	Shape Length	Densidad	Densidad buff	ID*	Shape Area	Densidad poly
973	-0,25	30,02	14,032094	1,010497	1,070133	1	13,082486	1,070133
1900	-0,25	10,47	43,720236	0,563735	0,546253	2	97,024641	0,546253
1900	-0,25	13,07	71,457176	0,545281	0,538443	3	310,153275	0,538443
3092	-0,25	7,28	35,718986	0,43872	0,409845	4	68,318547	0,409845
3092	-0,25	3,42	49,472155	0,482867	0,471385	5	78,49206	0,522346
1622	-0,25	11,38	120,428634	0,918803	0,918852	6	698,850188	1,0088
3110	-0,25	7,94	24,506801	0,578621	0,54305	7	36,828997	0,54305
3110	-0,25	7,78	16,680427	0,293374	0,374254	8	16,031876	0,623757

Fig. 46. Cálculo densidad de puntos por polígono

Una vez obtenida la densidad, se procede a la obtención del umbral mínimo; de su cálculo va a depender la obtención más o menos fiable de las alturas de cada parcela ya que con una densidad de puntos elevada en un polígono, el dato de altura es más fiable que con un densidad baja. Por tanto, dado que la mayoría de los polígonos que dan problema son patios interiores (en la mayoría sus puntos se refieren a las cotas de las construcciones que lo rodean y que son superiores al mismo) y éstos se corresponden a “Suelo” o “Planta I”, mediante la selección por atributos se va a intentar obtener un umbral de densidad mínimo intentando evitar los mismos. Después de hacer varias comprobaciones de umbrales observando los diferentes polígonos con sus respectivas plantas, se opta por aplicar un umbral mínimo de densidad de puntos de 0.25 ptos/m<sup>2</sup>. La elección de este umbral se debe a que a partir de 0.25 ptos/m<sup>2</sup> hay más construcciones que tienen información suficiente y aumentarlo supondría analizar menos datos y es aproximadamente 1/3 de la densidad media (de 0.7 ptos/m<sup>2</sup>); por tanto, los polígonos que tengan una densidad < 0.25 ptos/m<sup>2</sup> no van a ser tenidos en cuenta a la hora de realizar los cálculos ni el análisis de alturas puesto que se considera que no tienen suficiente información para trabajar con ellos.

La mayoría de estos polígonos a evitar son patios de edificaciones elevadas donde el láser no alcanza a la totalidad de la profundidad y obtiene puntos más elevados, patios interiores que pueden tener alturas pero no existen retornos de la señal, piscinas donde hay una muy baja densidad de puntos, parcelas con cubiertas de materiales especiales que no devuelven la señal. A continuación se muestran algunos ejemplos de los casos mencionados; cabe decir que la imagen tiene un ligero desplazamiento en algunas zonas por lo que puede que no se observe del todo bien.

Por último, dado que la densidad de puntos final ha sido calculada para una capa donde el área ha sufrido una reducción de tamaño con un buffer de -0.25 metros y esta capa no representa de forma real la geometría de las parcelas, se pretende aplica una unión de la información mediante el comando *JOIN* a través del campo “ID” entre las capa del buffer y la capa de las construcciones para poder llevar la información de la densidad de puntos calculada a esta última capa que representa la verdadera geometría de las parcelas.

- Patios de edificaciones elevadas

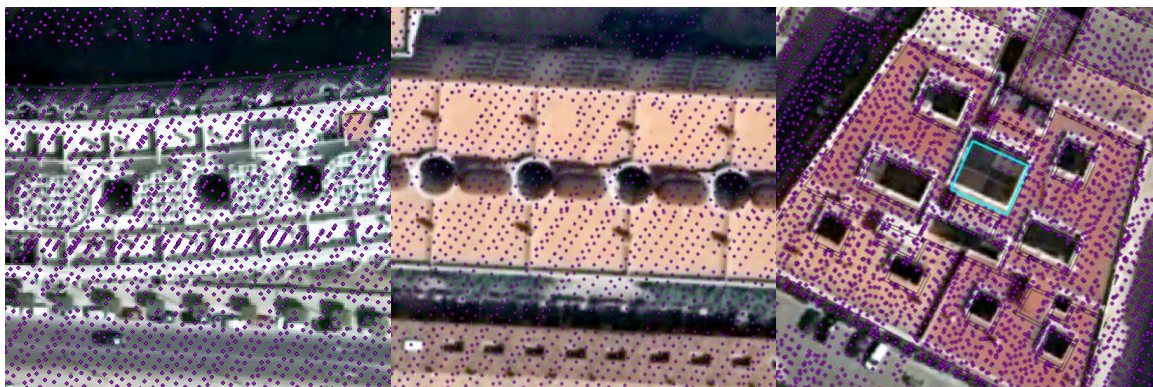


Fig. 47. Patios en edificaciones elevadas

- Patios interiores que pueden tener alturas pero no existen retornos de la señal

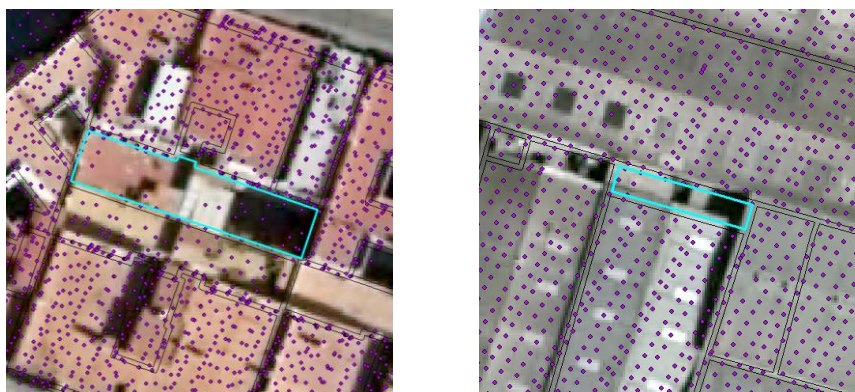


Fig. 48. Patios sin retorno de la señal

- Piscinas sin retorno

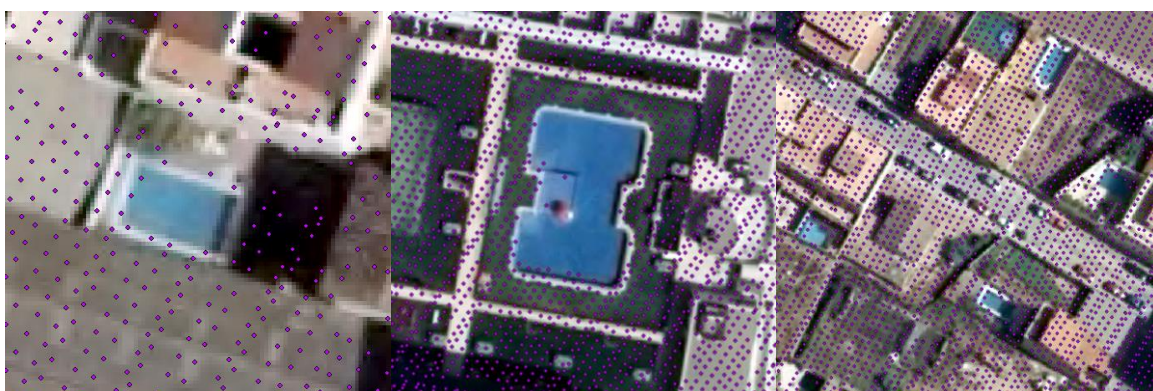


Fig. 49. Piscinas sin retorno de la señal

#### 6.4.2. Separación de los polígonos según su uso principal

Previamente al cálculo de las alturas, es necesario separar los polígonos de uso “Residencial” de los de uso “Industrial” en diferentes capas. Esto se hace, como se ha dicho anteriormente, porque las plantas construidas de los diferentes usos no se corresponden en la altura. Para el uso “Suelo” se va a utilizar la capa común ya que el suelo es indiferente de que sea “Residencial” o “Industrial”. Por tanto, mediante el comando Selection by Attributes se van a seleccionar los usos mencionados y se va a exportar esta selección a dos capas nuevas. Las capas de salida se van a llamar “CONSTRU\_residencial.shp” para el uso “Residencial” y “CONSTRU\_industrial.shp” para el uso “Industrial”.

Dado que la clase SUELO es indiferente para residencial como para industrial, se crea una capa llamada “CONSTRU\_suelo.shp” que va a contener las categorías de la base de datos de Catastro y que se van a considerar como “Suelo”. Esta capa únicamente va a ser utilizada para obtener las alturas de las zonas con solares y sin edificaciones.

Suelo → "CONSTRU" = '-I+P' OR "CONSTRU" = '-II+P' OR "CONSTRU" = 'JD' OR "CONSTRU" = 'P' OR "CONSTRU" = 'SUELO' OR "CONSTRU" = 'ZPAV'



Fig. 50. Municipio de Alboraiá según su uso



### 6.4.3. Altura LiDAR y altura LiDAR ponderada según área del polígono

Una vez se han separado los usos de las construcciones en capas individuales, es posible realizar los cálculos de las alturas por uso y por planta de cada polígono. Por lo tanto, el primer paso es calcular la “Altura LiDAR”. Esta altura, se refiere a la altura proveniente del MDSn, que a su vez, se ha obtenido a través de los modelos generados a partir de la nube de puntos LiDAR. Por tanto, la altura LiDAR se va a obtener como la media de todas las alturas contenidas en un polígono y se va a ir calculando para cada uno de ellos hasta completar todo el shapefile. El segundo paso es calcular la “Altura LiDAR ponderada” según el área de cada polígono para que tengan el mismo peso las alturas. Estas alturas obtenidas a partir de los datos LiDAR son la que tiene cada polígono y van a ser comparadas con las alturas medias que se asignen por planta para la realización de la detección de incidencias; eso se va a describir más adelante.

Estas alturas LiDAR obtenidas, únicamente va a ser utilizadas para los métodos 1, 2 y 3 que pretenden obtener una altura media por planta catastral a partir de las mismas. Estos métodos van a ser mostrados a continuación.

El comando utilizado es *Zonal Statistics as Table* que permite obtener los estadísticos de un ráster dentro de las zonas de otro dataset mediante una tabla. Las alturas se han de obtener del MDSn sin vegetación (hay que recordar que el MDSn obtiene las alturas de lo que está sobre del terreno). El campo que interesa de la tabla resultante del proceso es “MEAN” al que se le cambia el nombre por “Altura\_LiDAR”, que es la media de las alturas contenidas en cada polígono. Dado que esto es una tabla, se realiza una unión mediante el comando *JOIN* a través del campo “ID” a la capa de construcciones; esto se realiza para la capa de suelo, residencial e industrial.

Densidad 2	Shape_Length	Shape_Area	Rowid	ID *	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	Altura_LiDAR
0,546253	45,729347	108,2069	1	2	109	109	5,643297	9,259499	3,616201	7,833141
0,623757	18,678336	20,4517	2	8	20	20	-0,020017	6,826987	6,847004	2,944107
0,497115	45,217279	85,483298	3	11	86	86	-0,024688	8,452211	8,4769	2,707206
0,955806	44,979182	87,369562	4	12	88	88	-0,099414	7,344307	7,443722	2,24583
0,863693	110,42304	364,28685	5	15	364	364	-0,216935	5,91	6,126935	0,162021
0,524354	93,009927	349,116187	6	16	349	349	-0,057733	21,34795	21,40569	3,052613
0	12,459082	2,31255	7	19	2	2	14,06767	16,28	2,212332	15,17383
0,527739	59,829226	175,7425	8	23	176	176	-0,018803	12,2371	12,2559	1,809546

Fig. 51. Obtención de la Altura LiDAR

Una vez se tiene la “Altura LiDAR” calculada, se procede a la obtención de la “Altura LiDAR ponderada”; para ello, se va a crear un campo llamado “Altura\_LiDAR\_pond” de tipo FLOAT y se va a calcular mediante la calculadora *Field Calculator* como la multiplicación del campo “Altura\_LiDAR” por el campo “Shape\_Area”.

Rowid	ID*	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	Altura LiDAR	STD	SUM	Altura LiDAR pond
1	2	109	109	5,643297	9,259499	3,616201	7,833141	0,689576	853,8124	847,5999
2	8	20	20	-0,020017	6,826987	6,847004	2,944107	2,421526	58,88214	60,212
3	11	86	86	-0,024688	8,452211	8,4769	2,707206	2,471871	232,8197	231,4209
4	12	88	88	-0,099414	7,344307	7,443722	2,24583	2,828945	197,6331	196,2172
5	15	364	364	-0,216935	5,91	6,126935	0,162021	0,610982	58,97559	59,02206
6	16	349	349	-0,057733	21,34795	21,40569	3,052613	5,455647	1065,362	1065,717
7	19	2	2	14,06767	16,28	2,212332	15,17383	1,106166	30,34767	35,09025
8	23	176	176	-0,018803	12,2371	12,2559	1,809546	2,755447	318,4801	318,0141

Fig. 52. Obtención de la Altura LiDAR ponderada según área

#### 6.4.4. Altura media por planta catastral

El siguiente paso es calcular la “Altura planta catastral”; esta se va a obtener como la media de todas las alturas, provenientes del MDSn, de los edificios con un determinado número de plantas (catastral) y se va a ir calculando para cada una de ellas. Obtener una altura media que represente lo más acertado posible las alturas de las construcciones que pertenecen a cada planta es imprescindible ya que a partir de ella se van a generar los umbrales para compararla con altura media real (altura LiDAR) de cada polígono y así, detectar las incidencias, es decir, las construcciones que por cualquier motivo, su altura real difiere de la altura que se ha considerado que tenga la planta catastral que consta en Catastro. Por ello, se van a plantear 4 métodos donde, finalmente y justificando, se va a elegir el que se considera que obtiene las alturas más representativas de las plantas catastrales.

Además de seleccionar las construcciones de determinada planta, se van a seleccionar aquellos polígonos cuya área sea superior o igual a 20m<sup>2</sup> ya que áreas menores pueden entorpecer el cálculo de la media debido a que suelen ser polígonos de transición que se encuentran contaminados por las alturas de los polígonos que les rodean; así como los polígonos que tengan una densidad de puntos superior o igual a 0.25ptos/m<sup>2</sup>.

Por tanto, se van a desarrollar los métodos elaborados y, finalmente, se va a elegir el mejor se considera que se adapta a la realidad de las construcciones. Como se dijo al inicio del apartado de metodología, los métodos 1, 2 y 3 siguen el mismo esquema (figura 10) y únicamente difieren en la técnica de obtención de la altura media proveniente de los datos LiDAR para cada polígono; esto se detalla en cada método por separado.

Para cada planta se van a asignar varios tipos de nomenclaturas ya que puede haber distintas construcciones que cumplan la altura de una determinada planta. Por ejemplo, en el caso de suelo, se van a considerar como suelo las construcciones con las siguientes nomenclaturas: -I+P, -II+P, JD, P, SUELO, ZPAV.

A continuación se muestran las distintas construcciones seleccionadas para cada planta.

	Residencial	Industrial
<b>Suelo</b>	-I+P, -II+P, JD, P, SUELO, ZPAV	
<b>Planta I</b>	-I+I, -I+POR, -II+I, I, I+TZA, P+I+TZA, POR	-I+I, I, POR
<b>Planta II</b>	-I+II, -II+II, II, II+TZA, P+II	-I+II, -I+POR+I, I+POR, II, POR+I
<b>Planta III</b>	-I+III, III, POR+II	-I+III, III
<b>Planta IV</b>	-I+IV, -II+IV, IV	-I+IV, IV
<b>Planta V</b>	-I+POR+IV, -I+V, -II+V, V	-I+V, V
<b>Planta VI</b>	-I+VI, -II+VI, VI	-I+VI, VI
<b>Planta VII</b>	-I+VII, -II+VII, VII	-I+VII, VII
<b>Planta VIII</b>	-I+VIII, -II+VIII, VIII	
<b>Planta IX</b>	-I+IX, -I+POR+VIII, -II+IX, IX, POR+VIII	
<b>Planta X</b>	-I+POR+IX, -I+X, -II+X, POR+IX, X	
<b>Planta XI</b>	-I+XI, -II+XI	
<b>Planta XII</b>	-I+XII, -II+XII	
<b>Planta XIII</b>	-II+XIII	

Tabla. 3. Construcciones correspondientes por planta catastral

#### 6.4.4.1. Método 1

A continuación, se listan los pasos en que consiste ese método:

- Selección de Planta “\*”
- Selección de Densidad de puntos  $\geq 0.25\text{ptos/m}^2$
- Selección de Área  $\geq 20\text{ m}^2$
- Selección de los puntos LiDAR (formato vectorial del MDSn) con -1m de distancia
- Sacar estadísticas del campo “grid\_code”
- Obtener “Altura Planta”

Por lo tanto, se calcula la altura por planta catastral; esta se va a obtener como la media de todas las alturas de los puntos contenidos en los polígonos de una determinada planta (catastral) y se va a ir calculando para cada planta. Además de seleccionar la planta, se van a seleccionar aquellos polígonos cuya densidad de puntos sea mayor o igual a  $0.25\text{ptos/m}^2$  y con un área superior o igual a  $20\text{m}^2$ . Como las alturas se han de obtener del MDSn sin vegetación y éste está en formato ráster, hay que pasarlo a formato vectorial mediante el comando *Raster To Point* para poder realizar los análisis oportunos. Esta herramienta crea un punto en la entidad de salida para cada celda del ráster de entrada. Los puntos están ubicados en los centros de las celdas que representan. En la capa de puntos creada, se genera un campo llamado “grid\_code” que contiene la altura de cada punto.

Por ejemplo, mediante la selección por atributos se seleccionan los polígonos correspondientes a suelo, que tengan una densidad de puntos  $\geq 0.25\text{ptos/m}^2$  y área  $\geq 20\text{m}^2$ :

(CONSTRU\_suelo.CONSTRU = '-I+P' OR CONSTRU\_suelo.CONSTRU = '-II+P' OR CONSTRU\_suelo.CONSTRU = 'JD' OR CONSTRU\_suelo.CONSTRU = 'P' OR CONSTRU\_suelo.CONSTRU = 'SUELO' OR CONSTRU\_suelo.CONSTRU = 'ZPAV') AND CONSTRU\_suelo.Densidad\_2 >=0.25 AND CONSTRU\_suelo.Shape\_Area >= 20

A continuación, teniendo los polígonos seleccionados, se utiliza la opción *Select by Location* para seleccionar los puntos de la capa vectorial del MDSn sin vegetación que están dentro de las edificaciones seleccionadas con una distancia de -1 metro para evitar contaminación de las zonas de transición de alturas. Tras la selección de los puntos internos de los polígonos seleccionados, se recurre al campo "grid\_code" que contiene las alturas y se obtienen sus estadísticas para obtener la media de éstas. Este valor se inserta en la tabla de resultados del método 1.

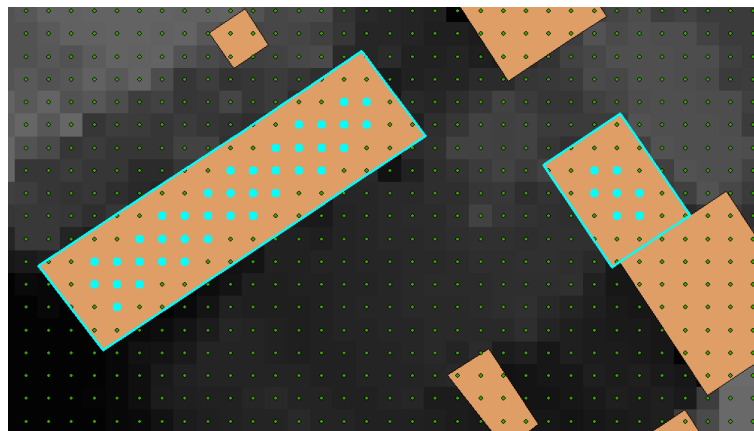


Fig. 53. Selección por localización de puntos con distancia -1m

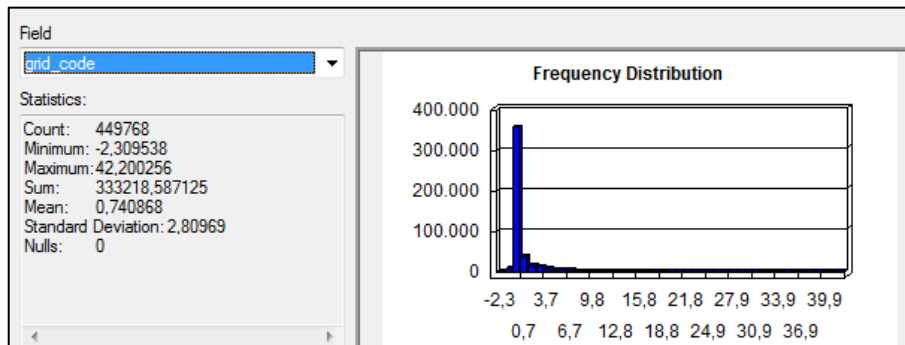


Fig. 54. Estadísticas de la altura de los puntos de suelo

Este mismo proceso se realiza para todas las plantas catastrales de uso residencial e industrial generando la tabla que se muestra a continuación.

	Altura Planta Residencial (m)	Altura Planta Industrial (m)
Suelo	0.740868	
Planta I	5.658881	7.567286
Planta II	7.565056	8.440256
Planta III	10.615179	11.610732
Planta IV	13.023375	13.525383
Planta V	16.303906	20.322842
Planta VI	19.017737	21.770225
Planta VII	22.159895	25.55532
Planta VIII	25.329042	
Planta IX	30.621577	
Planta X	32.361403	
Planta XI	34.126569	
Planta XII	36.711569	
Planta XIII	42.052915	

Tabla. 4. Resultados del método 1

#### 6.4.4.2. Método 2

A continuación, se listan los pasos en que consiste ese método:

- Selección de Planta “\*”
- Selección de Densidad de puntos  $\geq 0.25\text{ptos/m}^2$
- Selección de Área  $\geq 20\text{m}^2$
- Sacar estadísticas del campo “Altura\_LiDAR”
- Obtener “Altura Planta”

En este caso, la altura por planta catastral se va a obtener como la media de la altura media de cada polígono de una determinada planta (catastral) y se va a ir calculando para cada una de ellas. Además de seleccionar la planta, se van a seleccionar aquellos polígonos cuya densidad de puntos sea mayor o igual a  $0.25\text{ptos/m}^2$  y con un área superior o igual a  $20\text{m}^2$ .

Por ejemplo, mediante la selección por atributos se seleccionan los polígonos correspondientes a suelo, que tengan una densidad de puntos  $\geq 0.25\text{ptos/m}^2$  y área  $\geq 20\text{m}^2$ :

```
(CONSTRU_suelo.CONSTRU = '-I+P' OR CONSTRU_suelo.CONSTRU = '-II+P' OR
CONSTRU_suelo.CONSTRU = 'JD' OR CONSTRU_suelo.CONSTRU = 'P' OR
CONSTRU_suelo.CONSTRU = 'SUELO' OR CONSTRU_suelo.CONSTRU = 'ZPAV')
AND CONSTRU_suelo.Densidad_2 >=0.25 AND CONSTRU_suelo.Shape_Area >= 20
```

A continuación, teniendo los polígonos seleccionados, se recurre al campo “Altura\_LiDAR” que contiene las alturas y se obtienen sus estadísticas para obtener la

media de éstas. Este valor se inserta en la tabla de resultados del método 2. Este mismo proceso se realiza para todas las plantas catastrales de uso residencial e industrial generando la tabla que se muestra a continuación.

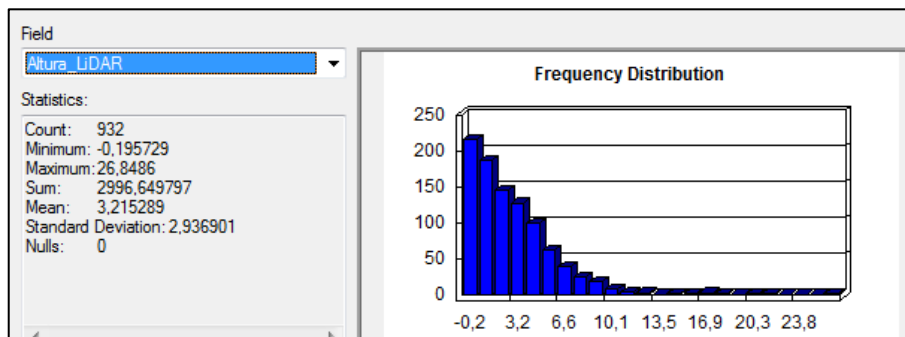


Fig. 55. Estadísticas de la altura de los polígonos de suelo

	Altura Planta Residencial (m)	Altura Planta Industrial (m)
<b>Suelo</b>	3.215289	
<b>Planta I</b>	6.366778	6.237441
<b>Planta II</b>	7.468123	7.930757
<b>Planta III</b>	10.086687	13.390562
<b>Planta IV</b>	12.719352	14.467104
<b>Planta V</b>	15.745617	17.117121
<b>Planta VI</b>	18.858721	21.522867
<b>Planta VII</b>	21.834879	25.168663
<b>Planta VIII</b>	24.502673	
<b>Planta IX</b>	30.35871	
<b>Planta X</b>	32.237771	
<b>Planta XI</b>	33.594706	
<b>Planta XII</b>	36.437627	
<b>Planta XIII</b>	41.375843	

Tabla. 5. Resultados del método 2

#### 6.4.4.3. Método 3

A continuación, se listan los pasos en que consiste ese método:

- Selección de Planta “\*\*”
- Selección de Densidad de puntos  $\geq 0.25\text{ptos/m}^2$
- Selección de Área  $\geq 20\text{m}^2$
- Sacar de las estadísticas del campo “Altura\_LiDAR\_ponderada” el valor SUM
- Sacar de las estadísticas del campo “Shape\_Area” el valor SUM
- Obtener “Altura\_Planta” como “Sum Altura\_LiDAR\_ponderada” / “Sum Shape\_Area”

El valor SUM agrega el valor total para el campo especificado.

Para este método, la altura por planta catastral se va a obtener como la media de la altura ponderada de cada polígono de una determinada planta (catastral) y se va a ir calculando para cada una de ellas. Además de seleccionar la planta, se van a seleccionar aquellos polígonos cuya densidad de puntos sea mayor o igual a 0.25ptos/m<sup>2</sup> y con un área sea superior o igual a20 m<sup>2</sup>.

Por ejemplo, mediante la selección por atributos se seleccionan los polígonos correspondientes a suelo, que tengan una densidad de puntos  $\geq 0.25$  ptos/m<sup>2</sup> y área  $\geq 20$ m<sup>2</sup>:

(CONSTRU\_suelo.CONSTRU = '-I+P' OR CONSTRU\_suelo.CONSTRU = '-II+P' OR CONSTRU\_suelo.CONSTRU = 'JD' OR CONSTRU\_suelo.CONSTRU = 'P' OR CONSTRU\_suelo.CONSTRU = 'SUELO' OR CONSTRU\_suelo.CONSTRU = 'ZPAV') AND CONSTRU\_suelo.Densidad\_2  $\geq$ 0.25 AND CONSTRU\_suelo.Shape\_Area  $\geq$  20

A continuación, teniendo los polígonos seleccionados, se recurre al campo "Altura\_LiDAR\_pond" que contiene las alturas y se obtiene el valor SUM de sus estadísticas y se divide por el valor SUM del campo "Shape\_Area" de sus estadísticas para obtener la media de la altura por planta. Este valor se inserta en la tabla de resultados del método 3. Este mismo proceso se realiza para todas las plantas catastrales de uso residencial e industrial generando la tabla que se muestra a continuación.

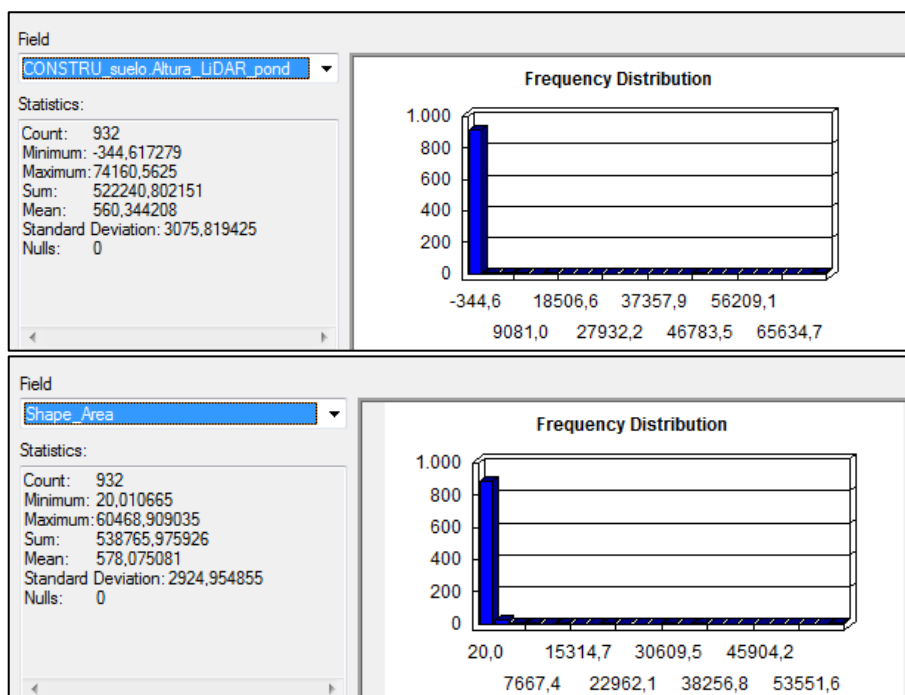


Fig. 56. Estadísticas del campo "Altura\_LiDAR\_pond" y del campo "Shape\_Area"

$$\frac{SUM\_Altura\_LiDAR\_pond}{SUM\_Shape\_Area} = \frac{522240,802151}{538765,975926} = 0,970m$$

	Altura Planta Residencial (m)	Altura Planta Industrial (m)
<b>Suelo</b>	0.969327733165411	
<b>Planta I</b>	6.044274438752052	7.316857409078859
<b>Planta II</b>	7.507497331895267	8.239315913508759
<b>Planta III</b>	10.32001898045051	11.60040283016574
<b>Planta IV</b>	12.77019344180373	13.56818544793466
<b>Planta V</b>	16.15758560090225	19.38069870660828
<b>Planta VI</b>	18.89003318072581	21.42915838967
<b>Planta VII</b>	21.95940931661492	25.16866326369786
<b>Planta VIII</b>	25.06110922502699	
<b>Planta IX</b>	30.36336953874617	
<b>Planta X</b>	31.98860960625397	
<b>Planta XI</b>	33.8495150609338	
<b>Planta XII</b>	36.01400371963567	
<b>Planta XIII</b>	41.3758443127269	

Tabla. 6. Resultados del método 3

#### 6.4.4.4. Método 4

A continuación, se listan los pasos en que consiste ese método:

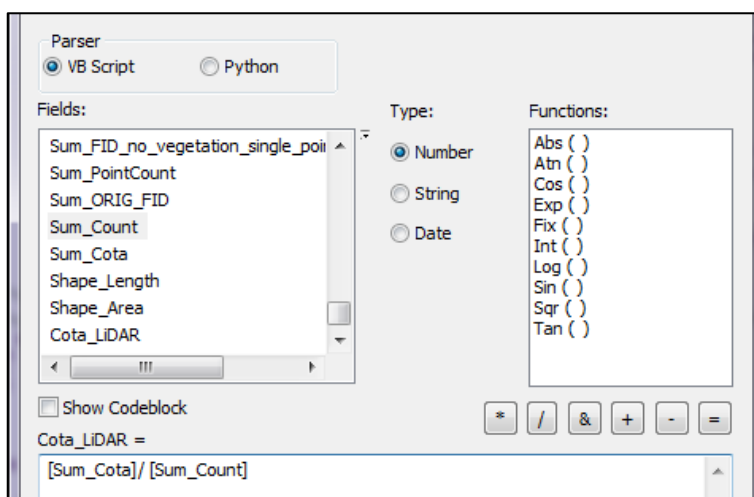
- Selección de Planta “\*\*”
- Selección de Densidad de puntos  $\geq 0.25\text{ptos/m}^2$
- Selección de Área  $\geq 20\text{m}^2$
- Selección de Cota LiDAR  $> 0\text{m}$
- Sacar estadísticas del campo “Altura\_LiDAR”
- Obtener “Altura Planta”

En los métodos anteriores se puede observar que la planta “I” del uso “Residencial” tiene una altura media de alrededor de 5 metros; esto es un poco extraño puesto que parece una altura elevada para ser una construcción de una planta y el resto de plantas son prácticamente múltiplos de 3, por lo que se deduce que debería estar alrededor de los 3 metros. Esto puede ser debido al suavizado que pueda generar la obtención del Modelo Digital de Superficies para que no haya cambios bruscos ya que existen construcciones de poca altura rodeadas de construcciones de alturas considerables y se cree que el proceso de rasterización pueda incrementar el error en Z. Por tanto, la opción de este método es obtener las alturas medias reales de cada construcción directamente de la nube de puntos LiDAR, sin outliers y sin vegetación, y del Modelo Digital de Elevaciones creado para asociarlas a cada planta de Catastro. Para ello, se va a obtener la cota media LiDAR de cada polígono a partir de la nube de puntos LiDAR, anteriormente convertida a formato vectorial, y la cota media terreno de cada polígono a partir del Modelo Digital de Elevaciones creado anteriormente.



- Cota media LiDAR

El primer paso es obtener la cota proveniente de la nube de puntos LiDAR sin outliers y sin vegetación; para ello se van a seleccionar mediante la opción *Select by Location* los puntos, en formato vectorial de esta nube de puntos, contenidos en cada polígono con una distancia interior de -1 metro ya que se considera que los puntos cercanos al límite de la parcela pueden contaminar el resultado. Una vez estén los puntos seleccionados, el siguiente paso es obtener la información de los puntos que contiene cada polígono mediante la opción *Intersect*; esto va a generar una nueva capa de puntos donde se repiten algunos identificadores tantas veces como puntos contiene. Para que solo aparezca un identificador con la información de todos los puntos que contiene cada polígono se recurre al comando *JOIN* sobre la capa de construcciones con la capa obtenida tras la intersección; esto crea una nueva capa y genera, entre otros, los campos "Sum\_Cota" y "Sum\_Count" que equivalen al sumatorio de las cotas de los puntos contenidos por polígono y al número de puntos por polígono, respectivamente. Por último, solo resta añadir un campo nuevo sobre la capa llamado "Cota\_Lidar" de tipo FLOAT en el que mediante la calculadora *Field Calculator* se va a obtener su valor como la división de los campos "Sum\_Cota"/"Sum\_Count".



Shape Length	Shape Area 1	Densidad 2	Count	Sum ID	Sum Join Count	Sum Count	Sum Cota	Cota LiDAR
14,032094	13,082486	1,070133	3	3	42	3	89,960001	29,98667
43,720236	97,024641	0,546253	35	70	1855	35	451,54	12,90114
71,457176	310,153275	0,538443	144	432	24048	144	1857,55999	12,89972
35,718986	68,318547	0,409845	18	72	504	18	145,220002	8,067778
49,472155	78,49206	0,522346	19	95	779	19	159,050002	8,371053
120,428634	698,850188	1,0088	579	3474	408195	579	7527,37999	13,00066
24,506801	36,828997	0,54305	13	91	260	13	109,86	8,450769
16,680427	16,031876	0,623757	2	16	20	2	2,64	1,32

Fig. 57. Cálculo de la cota LiDAR por polígono

- Cota media Terreno

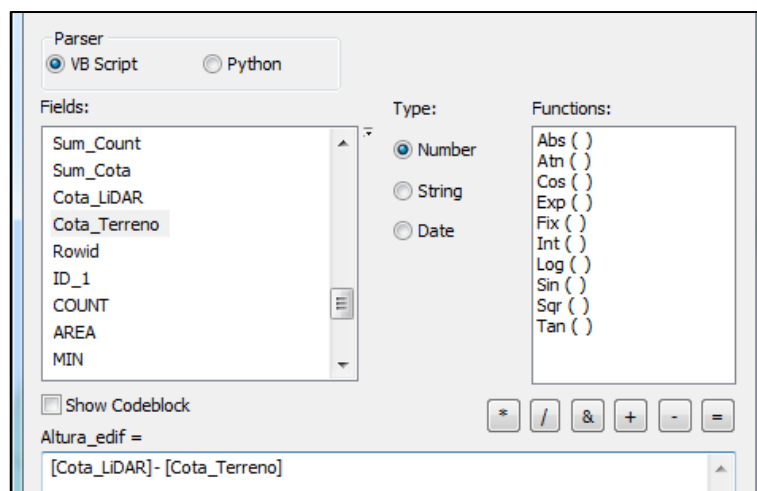
Por otro lado, se ha de obtener la proveniente del MDE generado; esta se va a obtener como la media de todas las cotas contenidas en un polígono y se va a ir calculando para cada uno de ellos hasta completar todo el shapefile donde está calculada la cota LiDAR. El comando utilizado es *Zonal Statistics as Table* que permite obtener los estadísticos de un ráster dentro de las zonas de otro dataset mediante una tabla. El campo que interesa obtener de la tabla resultante del proceso es “MEAN” que es la media de las cotas terreno de cada polígono. Dado que esto es una tabla, se realiza una unión mediante el comando *JOIN* a través del campo “ID” a la capa de construcciones; esto se realiza para la capa de suelo, residencial e industrial.

Shape	Area 1	Densidad 2	Count	Sum ID	Sum Join Count	Sum Count	Sum Cota	Cota LiDAR	Cota Terreno
13,082486	1,070133	3	3	42	3	89,960001	29,98667	8,561285	
97,024641	0,546253	35	70	1855	35	451,54	12,90114	4,693368	
310,153275	0,538443	144	432	24048	144	1857,55999	12,89972	4,54999	
68,318547	0,409845	18	72	504	18	145,220002	8,067778	3,318517	
78,49206	0,522346	19	95	779	19	159,050002	8,371053	3,324451	
698,850188	1,0088	579	3474	408195	579	7527,37999	13,00066	6,355239	
36,828997	0,54305	13	91	260	13	109,86	8,450769	1,249644	
16,031876	0,623757	2	16	20	2	2,64	1,32	1,275526	

Fig. 58. Calculo de la cota terreno por polígono

- Altura de cada edificación

Por último, para obtener la altura media de cada construcción, se crea un nuevo campo llamado “Altura\_edif” de tipo FLOAT y se va a calcular su valor del mismo modo en el que se obtiene el Modelo Digital de Superficies normalizado: mediante la resta de la “Cota\_LiDAR” menos “Cota\_Terreno”.



Sum Count	Sum Cota	Cota LiDAR	Cota Terreno	Altura_edif	Rowid	ID 1	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE
3	89,960001	29,98667	8,561285	21,42538	1	1	18	18	8,511001	8,599197	0,08819
35	451,54	12,90114	4,693368	8,207775	2	2	109	109	4,519326	5,062394	0,54306
144	1857,559995	12,89972	4,54999	8,349731	3	3	327	327	4,462822	4,810673	0,34785
18	145,220002	8,067778	3,318517	4,74926	4	4	77	77	3,15813	3,433882	0,27575
19	159,050002	8,371053	3,324451	5,046602	5	5	91	91	3,054397	3,46	0,40560
579	7527,379993	13,00066	6,355239	6,645417	6	6	728	728	6,123326	6,497793	0,37446
13	109,86	8,450769	1,249644	7,201126	7	7	43	43	1,220146	1,285143	0,06499
2	2,64	1,32	1,275526	0,044474	8	8	20	20	1,193647	1,36	0,16635

Fig. 59. Obtención de la altura de edificación para cada polígono

- Altura por planta catastral

El siguiente paso es calcular la altura por planta catastral; esta se va a obtener como la media de todas las alturas de las construcciones de una determinada planta (catastral) y se va a ir calculando para cada una de ellas. Además de seleccionar la planta, se van a seleccionar aquellos polígonos cuya densidad de puntos sea mayor o igual a 0.25ptos/m<sup>2</sup>, con un área sea superior o igual a 20m<sup>2</sup> y con una “Cota\_LiDAR” mayor a 0m.

A continuación, teniendo los polígonos seleccionados, se recurre al campo “Altura\_edif” que contiene las alturas medias de las construcciones de cada polígono y se obtienen sus estadísticas para obtener la media de éstas. Este valor se inserta en la tabla de resultados del método 4. Este mismo proceso se realiza para todas las plantas catastrales de uso residencial e industrial generando la tabla que se muestra a continuación.

	Altura Planta Residencial (m)	Altura Planta Industrial (m)
Suelo	1.742251	
Planta I	5.160021	6.424657
Planta II	7.502879	8.261468
Planta III	10.531288	12.264684
Planta IV	13.188394	14.930741
Planta V	16.078701	17.988204
Planta VI	19.213825	22.344844
Planta VII	22.367887	25.690037
Planta VIII	24.818154	
Planta IX	30.560029	
Planta X	32.970708	
Planta XI	34.064745	
Planta XII	37.078095	
Planta XIII	42.902512	

Tabla. 7. Resultados del método 4

Observando la tabla de atributos, se puede decir que no se ha obtenido la altura esperada de la planta “I” al realizar este método e incluso, la altura del suelo ha

aumentado a un valor de 1,74m lo que no es concebible si se corresponde a solares o parcelas sin edificaciones. Analizando tanto los polígonos correspondientes al suelo como los de planta "I" se ha observado que existen muchos polígonos con alturas considerablemente elevadas llegando a un máximo de 29 metros; estos polígonos son incidencias y hacen que el valor de la altura media por planta aumente. Para resolver esto, se ha considerado obtener como altura real para cada planta la mediana de la altura de las construcciones por planta, es decir, el valor que ocupa el lugar central de todas las alturas de una misma planta cuando éstas están ordenadas de menor a mayor. Por tanto, aplicando la mediana como solución, se puede observar en la tabla de resultados siguiente, que han mejorado las alturas problemáticas, es decir, el suelo y la planta "I" obteniéndose unas alturas más acordes a la realidad.

	Altura Planta Residencial (m)	Altura Planta Industrial (m)
<b>Suelo</b>	0.4124035	
<b>Planta I</b>	4.475144	6.85872
<b>Planta II</b>	7.530209	8.073537
<b>Planta III</b>	10.553515	12.00005
<b>Planta IV</b>	13.20967	15.0703
<b>Planta V</b>	16.04702	17.59548
<b>Planta VI</b>	19.182485	22.19712
<b>Planta VII</b>	22.366175	25.69004
<b>Planta VIII</b>	25.41565	
<b>Planta IX</b>	30.05482	
<b>Planta X</b>	32.6334	
<b>Planta XI</b>	34.2432	
<b>Planta XII</b>	39.21804	
<b>Planta XIII</b>	42.90251	

Tabla. 8. Resultados finales del método 4

### 6.5. Obtención de los umbrales y detección de incidencias

Dado que se considera que la diferencia entre plantas consecutivas de "Residencial" es de alrededor de 3 metros, se opta por fijar un umbral de altura de planta catastral  $\pm 1.75\text{m}$  que se corresponde con la mitad de la diferencia entre plantas más unos centímetros por diferencias de construcción en una misma planta. Para la transición entre las plantas VIII y IX se va a seleccionar un umbral de altura de planta catastral  $\pm 2.6$  metros ya que éstos tienen una diferencia de altura de alrededor de 5 metros y no existía solape; y para el caso de los polígonos seleccionados como "Suelo", se van a detectar como incidencia aquellos cuya altura supere los 1.75m. Para el caso de los polígonos seleccionados como "Industrial", se opta por considerar un umbral para cada transición de plantas debido a que son construcciones más elevadas y no siguen una determinada altura fija entre plantas consecutivas; para ello, se va a calcular el rango de altura existente entre una planta y su consecutiva y esta diferencia se divide entre 10 para obtener 10 porciones de las cuales, se va a coger la altura más 6 divisiones por arriba de la planta de estudio y la

altura de la siguiente planta menos 6 divisiones para obtener el umbral superior e inferior, respectivamente. Para que se entienda bien este proceso, se muestra un ejemplo de cálculo de umbral para uso "Industrial":

Planta I: 6.85m

Planta II: 8.07m

Rango de PI a PII: 1.214817m en 10 divisiones: 0.12m

Umbral de Planta I+:  $6.85872 + 6 \cdot 0.1214817 = 7.58\text{m}$

Umbral de Planta II-:  $8.073537 - 6 \cdot 0.1214817 = 7.34\text{m}$

Por tanto, una vez se ha elegido el método de obtención de alturas reales que se van a asociar a cada planta (método 4) y se ha fijado el umbral, se van a obtener los polígonos que no cumplan el umbral fijado y van a ser asignados como incidencias. Para ello, se va a crear en las capas tanto de suelo, residencial e industrial un campo llamado "Incidencias\_15" de tipo TEXT en el que se van a ir anotando las incidencias/no incidencias detectadas que tengan una densidad de puntos  $\geq 0.25\text{pts/m}^2$ , un área  $\geq 15\text{m}^2$  y una "Cota\_LiDAR"> $>0\text{m}$ ; y para los polígonos que no cumplen los requisitos para la detección de incidencias, se les va a asignar el valor 'NULL'.

La asignación del área mínima de  $15\text{m}^2$  se debe, como se ha mencionado anteriormente en el apartado 2."Estudios previos", a que es la superficie mínima regularizable. Este proceso se va a obtener del siguiente modo:

- Si la altura del polígono supera el umbral de una planta (X) se va a asignar al campo el texto: Incid\_X+.
- Si la altura del polígono es inferior al umbral de una planta (X) se va a asignar al campo el texto: Incid\_X-.
- Si la altura del polígono está contenida en el umbral de una planta (X) se va a asignar al campo el texto: No\_incid\_X.

A continuación, se muestra las alturas que deben cumplir los polígonos de cada planta catastral para ser considerados Incidencia según el umbral fijado.

#### - Suelo

- o Suelo:
  - Incid\_0:  $Altura_{edif} \geq 1.75\text{m}$

#### - Residencial

- o Planta I:
  - Incid\_1+:  $Altura_{edif} > Altura_{planta} + 1.75\text{m}$ : 6.22m
  - Incid\_1-:  $Altura_{edif} < 1.75\text{m}$
- o Planta II:

- Incid\_2+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 9.28m
- Incid\_2-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 5.78m
- Planta III:
  - Incid\_3+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 12.30m
  - Incid\_3-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 8.80m
- Planta IV:
  - Incid\_4+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 14.95m
  - Incid\_4-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 11.45m
- Planta V:
  - Incid\_5+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 17.79m
  - Incid\_5-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 14.29m
- Planta VI:
  - Incid\_6+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 20.93m
  - Incid\_6-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 17.43m
- Planta VII:
  - Incid\_7+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 24.11m
  - Incid\_7-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 20.61m
- Planta VIII:
  - Incid\_8+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +2.6m: 28.01m
  - Incid\_8-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 23.66m
- Planta IX:
  - Incid\_9+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 31.80m
  - Incid\_9-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -2.6m: 27.45m
- Planta X:
  - Incid\_10+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 34.38m
  - Incid\_10-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 30.88m
- Planta XI:
  - Incid\_11+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 35.99m
  - Incid\_11-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 32.49m
- Planta XII:
  - Incid\_12+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 40.96m
  - Incid\_12-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 37.46m
- Planta XIII:
  - Incid\_13+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +1.75m: 44.65m
  - Incid\_13-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -1.75m: 41.15m
- **Industrial**
  - Planta I:
    - Incid\_1+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +(6\*0.1214817)m: 7.58m
    - Incid\_1-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* <1.75m
  - Planta II:
    - Incid\_2+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +(6\*0.3926513)m: 10.42m
    - Incid\_2-: *Altura\_edif* < *Altura\_planta* -(6\*0.1214817)m: 7.34m
  - Planta III:
    - Incid\_3+: *Altura\_edif* > *Altura\_planta* +(6\*0.307025)m: 13.84m

- Incid\_3-:  $Altura\_edif < Altura\_planta - (6 * 0.3926513)m$ : 9.64m
  - Planta IV:
    - Incid\_4+:  $Altura\_edif > Altura\_planta + (6 * 0.252518)m$ : 16.58m
    - Incid\_4-:  $Altura\_edif < Altura\_planta - (6 * 0.307025)m$ : 13.22m
  - Planta V:
    - Incid\_5+:  $Altura\_edif > Altura\_planta + (6 * 0.460164)m$ : 20.35m
    - Incid\_5-:  $Altura\_edif < Altura\_planta - (6 * 0.252518)m$ : 16.08m
  - Planta VI:
    - Incid\_6+:  $Altura\_edif > Altura\_planta + (6 * 0.349292)m$ : 24.29m
    - Incid\_6-:  $Altura\_edif < Altura\_planta - (6 * 0.460164)m$ : 19.43m
  - Planta VII:
    - Incid\_7+:  $Altura\_edif > Altura\_planta + 2.10m$ : 27.79m
    - Incid\_7-:  $Altura\_edif < Altura\_planta - (6 * 0.349292)m$ : 23.59m

	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	Altura edific	Shape Length	Shape Area	Incidencias.15
	4,519326	5,062394	0,543068	4,693368	0,130326	511,5771	8,207775	45,729347	108,2069	Incid_0
	1,193647	1,36	0,166353	1,275526	0,044221	25,51051	0,044474	18,678336	20,4517	No incid_0
	5,29	5,79	0,5	5,47282	0,088017	470,6626	0,179907	45,217279	85,483298	No incid_0
	5,64929	5,84	0,19071	5,758759	0,038528	506,7708	-0,007821	44,979182	87,369562	No incid_0
	7,95	8,64	0,690001	8,516011	0,081423	3099,828	0,047607	110,42304	364,28685	No incid_0
	5,916184	8,65	2,733816	7,959897	0,623544	2778,004	0,429716	93,009927	349,116187	No incid_0
	7,814153	7,89	0,075847	7,852077	0,037923	15,70415	-7,852077	12,459082	2,31255	<Null>
	7,98	8,79	0,81	8,351267	0,155016	1469,823	0,18234	59,829226	175,7425	No incid_0

Fig. 60. Detección de incidencias

- De 919 polígonos válidos para la detección de incidencias de uso Suelo se han obtenido:
  - **308** polígonos como **incidencias**
  - **611** polígonos **sin incidencias**
- De 4584 polígonos válidos para la detección de incidencias de uso Residencial se han obtenido:
  - **681** polígonos como **incidencias**
  - **2897** polígonos **sin incidencias**
  - 1006 polígonos “NULL” que se corresponden a:
    - 652 polígonos de Suelo y que se calculan en la capa CONSTRU\_suelo\_no\_raster.shp.
    - 354 polígonos con tipos de construcción, del campo “CONSTRU”, que no se han considerado representativos de las diferentes plantas.

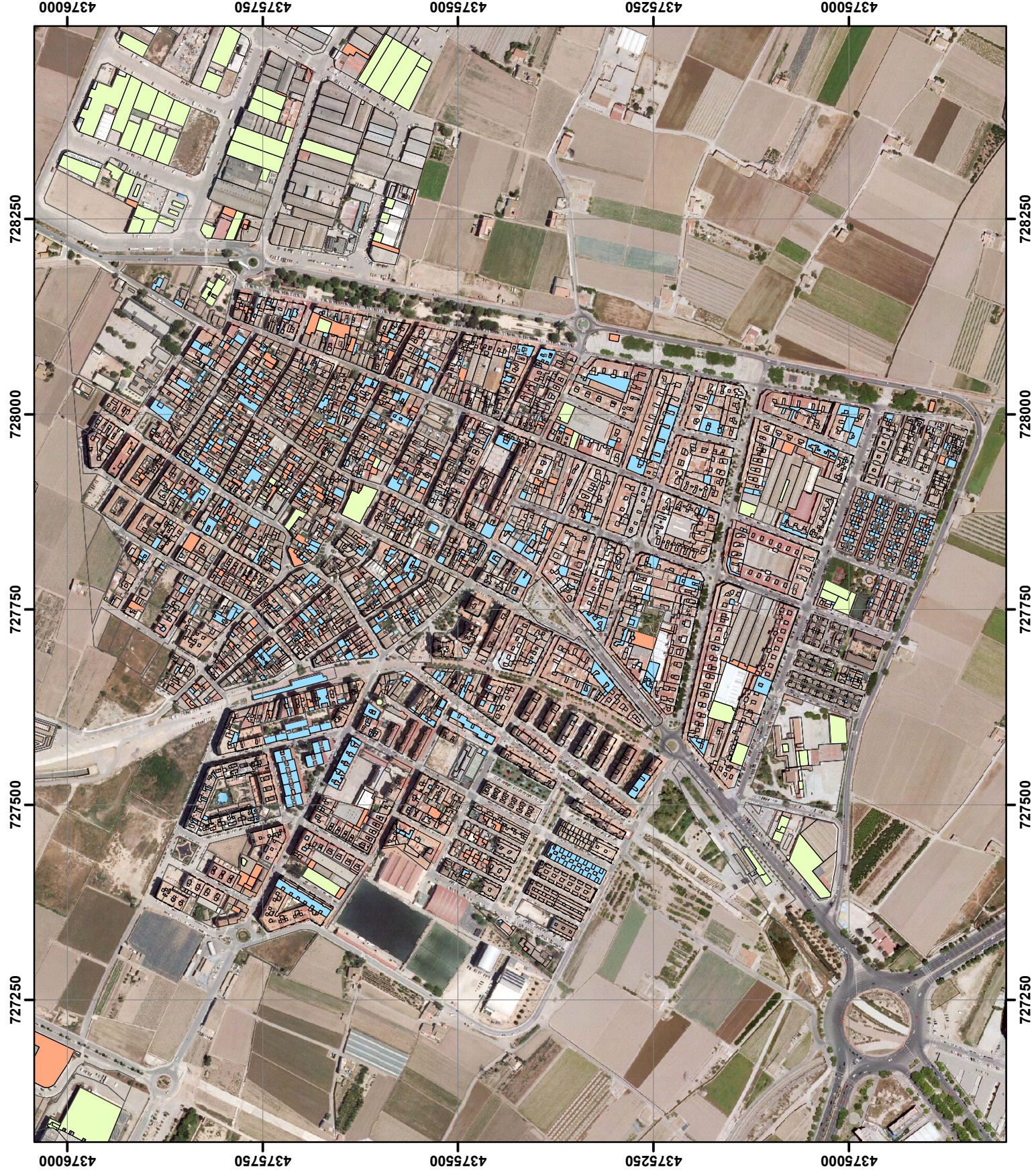
- De 777 polígonos válidos para la detección de incidencias de uso Industrial se han obtenido:
  - o **198** polígonos como **incidencias**
  - o **296** polígonos **sin incidencias**
  - o 283 polígonos “NULL” que se corresponden a:
    - 267 polígonos de Suelo y que se calculan en la capa CONSTRU\_suelo\_no\_raster.shp.
    - 16 polígonos con tipos de construcción, del campo “CONSTRU”, que no se han considerado representativos de las diferentes plantas.

#### 6.5.1. Generación de los mapas de incidencias

Como se ha mencionado en el apartado 2. “Estudios previos”, es necesario que el técnico de campo encargado de realizar las tareas de comprobación, lleve consigo un mapa de incidencias que le facilite y agilice en las tareas de revisión. El mapa permite reducir las zonas en las que se va a producir la actualización y, además, permite hacerse una idea de qué es lo que se va a encontrar; por otro lado, reduce el tiempo de localización de las parcelas susceptibles de regularización. A continuación, se muestran los 3 mapas generados para Alboraiá, Patacona y PortSaplaya, respectivamente.



# MAPA DE INCIDENCIAS CATASTRALES DEL NÚCLEO URBANO DE ALBORAIA



## Leyenda

- No incidencia
- Incidencia suelo
- Incidencia residencial
- Incidencia industrial

Ortoimagen PNOA  
en color verdadero



AUTORA: Bárbara Martínez Botella  
TUTOR: Jorge Abel Recio Recio

ESCALA 1:6.500  
Sistema de coordenadas:  
ETRS 1989 UTM Zone 30N  
Proyección: Transverse Mercator  
Coordenadas en metros




# MAPA DE INCIDENCIAS CATASTRALES DEL POLÍGONO INDUSTRIAL DE ALBORAIA



## Leyenda

- No incidencia
  - Incidencia suelo
  - Incidencia residencial
  - Incidencia industrial
- Ortoimagen PNOA  
en color verdadero

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**AUTORA:** Bárbara Martínez Botella  
**TUTOR:** Jorge Abel Recio Recio

**ESCALA 1:5.000**  
Sistema de coordenadas:  
ETRS 1989 UTM Zone 30N  
Proyección: Transverse Mercator  
Coordenadas en metros




# MAPA DE INCIDENCIAS CATASTRALES DE LA PATACONA ALBORAIA



## Leyenda

- No incidencia
  - Incidencia suelo
  - Incidencia residencial
  - Incidencia industrial
- Ortoimagen PNOA  
en color verdadero**

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA GEODÉSICA Y CARTOGRAFÍA**

**AUTORA:** Bárbara Martínez Botella  
**TUTOR:** Jorge Abel Recio Recio

**ESCALA 1:7.500**  
Sistema de coordenadas:  
ETRS 1989 UTM Zone 30N  
Proyección: Transverse Mercator  
Coordenadas en metros



# MAPA DE INCIDENCIAS CATASTRALES DE PORT SAPLAYA ALBORAIA



## Leyenda

- No incidencia
  - Incidencia suelo
  - Incidencia residencial
  - Incidencia industrial
- Ortoimagen PNOA  
en color verdadero**



**AUTORA:** Bárbara Martínez Botella  
**TUTOR:** Jorge Abel Recio Recio

**ESCALA 1:7.500**  
Sistema de coordenadas:  
ETRS 1989 UTM Zone 30N  
Proyección: Transverse Mercator  
Coordenadas en metros





## 6.6. Evaluación de la detección de incidencias

Para determinar cuán acertado es el método utilizado, se va a realizar una revisión manualmente de los polígonos con incidencias escogiendo al azar un 10% del total de incidencias y de ese porcentaje, el 10% de polígonos de cada tipo de incidencia (Incid\_0, Incid\_1+, Incid\_1-,...); para el caso de los polígonos sin incidencias, se va a escoger el mismo número de polígonos que se han escogido para la revisión de las incidencias y ponderados según el número de polígonos por planta. Para ello, se van a generar dos campos nuevos para las distintas capas (suelo, residencial e industrial); uno llamado "Revision" en el que se va a asignar el mismo código asignado en el campo "Incidencias" si la incidencia/no incidencia realmente existe y el valor "No\_cambio" o "Cambio" si la incidencia/no incidencia no es real; además, otro campo llamado "Observacion" en el que se va a justificar brevemente por qué ha habido cambio/no cambio. Finalmente, se van a generar distintas matrices de confusión para determinar, de forma concreta y de forma general, los errores que se comenten en esta detección.

### 6.6.1. Revisión mediante muestras

Estas comprobaciones van a ser realizadas mediante el uso de Google Maps que permite la visualización en 3D. A continuación se muestra el número de polígonos escogidos para la revisión y el proceso a seguir.

#### - **Suelo:**

##### Incidencias

- 10% de 308 incidencias: 31 polígonos de los cuales:
  - 10% de 250 residencial: 25 polígonos
  - 10% de 58 industrial: 6 polígonos

##### No incidencias

- 611 no incidencias: 31 polígonos de los cuales:
  - De 402 residencial: 21 polígonos
  - De 209 industrial: 10 polígonos

#### - **Residencial:**

##### Incidencias

- 10% de 681 incidencias: 68 polígonos de los cuales:

- 10% de 174 Incid\_1+: 17 polig.
- 10% de 28 Incid\_1-: 3 polig.
- 10% de 148 Incid\_2+: 15 polig.
- 10% de 90 Incid\_2-: 9 polig.
- 10% de 37 Incid\_3+: 4 polig.
- 10% de 29 Incid\_3-: 3 polig.
- 10% de 30 Incid\_4+: 3 polig.
- 10% de 21 Incid\_4-: 2 polig.
- 10% de 22 Incid\_5+: 2 polig.
- 10% de 17 Incid\_5-: 2 polig.
- 10% de 15 Incid\_6+: 1 polig.
- 10% de 30 Incid\_6-: 3 polig.
- 10% de 16 Incid\_7+: 2 polig.
- 10% de 34 Incid\_7-: 3 polig.
- 10% de 0 Incid\_8+: 0 polig.
- 10% de **9** Incid\_8-: **1** polig.
- 10% de 31 Incid\_9+: 3 polig.
- 10% de 13 Incid\_9-: 1 polig.
- 10% de 33 Incid\_10+: 3 polig.
- 10% de 13 Incid\_10-: 1 polig.
- 10% de **2** Incid\_11+: **1** polig.
- 10% de **1** Incid\_11-: **1** polig.
- 10% de 0 Incid\_12+: 0 polig.
- 10% de **1** Incid\_12-: **1** polig.
- 10% de 0 Incid\_13+: 0 polig.
- 10% de 0 Incid\_13-: 0 polig.

Dado que son números con decimales, se ha redondeado por lo que da un total de 64 polígonos + 8 que son los que están en negrita para que obtengan, al menos, una representación. 68 polígonos en total.

#### No incidencias

- 2897 no incidencias: 68 polígonos de los cuales:
  - De 574 No incid\_1: 13 polig.
  - De 630 No incid\_2: 15 polig.
  - De 593 No incid\_3: 14 polig.
  - De 224 No incid\_4: 5 polig.
  - De 210 No incid\_5: 5 polig.
  - De 229 No incid\_6: 5 polig.
  - De 241 No incid\_7: 6 polig.
  - 10% de **3** Incid\_4-: **1** polig.
  - 10% de **1** Incid\_5+: **1** polig.
  - 10% de 0 Incid\_5-: 0 polig.
  - 10% de 0 Incid\_6+: 0 polig.
  - 10% de 0 Incid\_6-: 0 polig.
  - 10% de 0 Incid\_7+: 0 polig.
  - 10% de 0 Incid\_7-: 0 polig.

Dado que son números con decimales, se ha redondeado por lo que da un total de 64 polígonos + 5 que son los que están en negrita para que obtengan, al menos, una representación. 69 polígonos en total.

#### - **Industrial:**

##### Incidencias

- 10% de 198 incidencias: 20 polígonos de los cuales:

- 10% de 115 Incid\_1+: 11 polig.
- 10% de 33 Incid\_1-: 3 polig.
- 10% de **9** Incid\_2+: **1** polig.
- 10% de 29 Incid\_2-: 3 polig.
- 10% de **3** Incid\_3+: **1** polig.
- 10% de **2** Incid\_3-: **1** polig.
- 10% de **3** Incid\_4+: **1** polig.
- De 46 No\_incid\_8: 1 polig.
- De **26** No\_incid\_9: **1** polig.
- De **36** No\_incid\_10: **1** polig.
- De **15** No\_incid\_11: **1** polig.
- De **2** No\_incid\_12: **1** polig.
- De **1** No\_incid\_13: **1** polig.

Dado que son números con decimales, se ha redondeado por lo que da un total de 17 polígonos + 6 que son los que están en negrita para que obtengan, al menos, una representación. 23 polígonos en total.

No incidencias

- 296 no incidencias: 20 polígonos de los cuales:
  - De 224 No\_incid\_1: 15 polig.
  - De 46 No\_incid\_2: 3 polig.
  - De **12** No\_incid\_3: **1** polig.
  - De **5** No\_incid\_4: **1** polig.
  - De **5** No\_incid\_5: **1** polig.
  - De **3** No\_incid\_6: **1** polig.
  - De **2** No\_incid\_7: **1** polig.

Dado que son números con decimales, se ha redondeado por lo que da un total de 18 polígonos + 5 que son los que están en negrita para que obtengan, al menos, una representación. 23 polígonos en total.

Incidencias 15	Revision	Observacion
No_incid_0	No_incid_0	<Null>
Incid_0	Incid_0	<Null>
No_incid_0	No_incid_0	<Null>
Incid_0	Incid_0	<Null>
No_incid_0	No_incid_0	<Null>
Incid_0	No_cambio	Puntos vegetacion no eliminados
No_incid_0	No_incid_0	<Null>
No_incid_0	No_incid_0	<Null>
Incid_0	Incid_0	<Null>
Incid_0	No_cambio	Posible inclinacion del haz en la toma
No_incid_0	No_incid_0	<Null>
Incid_0	Incid_0	<Null>

Fig. 61. Revisión incidencias mediante muestras

6.6.2. Matriz de confusión

Una vez se ha realizado la revisión, se hace el recuento de los aciertos/errores que se han cometido con el método utilizado para la detección de incidencias. Se puede observar, de forma general y a simple vista, que el método utilizado discrimina de mejor

modo los polígonos que no tienen incidencias frente a los que sí. A partir de este recuento, se generan las matrices de confusión tanto para suelo, residencial e industrial, así como de forma global la matriz de confusión para poder valorar el método utilizado.

- **Suelo:**

Incidencias:

- De 31 incidencias revisadas:
  - 25 incidencias reales
  - 6 no cambios  
(no incidencias erróneamente detectadas)

No incidencias:

- De 31 no incidencias revisadas:
  - 29 no incidencias reales
  - 2 cambios  
(incidencias no detectadas)

- **Residencial**

Incidencias:

- De 68 incidencias revisadas:
  - 35 incidencias reales
  - 33 no cambios  
(no incidencias erróneamente detectadas)

No incidencias:

- De 69 no incidencias revisadas:
  - 65 no incidencias reales
  - 4 cambios  
(incidencias no detectadas)

- **Industrial**

Incidencias:

- De 23 incidencias revisadas:
  - 13 incidencias reales
  - 10 no cambios  
(no incidencias erróneamente detectadas)

No incidencias:

- De 23 no incidencias revisadas:
  - 14 no incidencias reales
  - 9 cambios  
(incidencias no detectadas)

Con la obtención de la matriz de confusión se obtiene, no sólo una caracterización del error cometido, sino también una medida sobre la adecuación de las clases consideradas a la realidad y de los parámetros utilizados para caracterizarlas. Se han calculado los siguientes valores:

- TP (verdadero positivo) es la cantidad de positivos que han sido clasificados correctamente como positivos por el modelo.
- TN (verdadero negativo) es la cantidad de negativos que han sido clasificados correctamente como negativos por el modelo.

- FP (falso positivo) es la cantidad de negativos que han sido clasificados incorrectamente como positivos.
- FN (falso negativo) es la cantidad de positivos que han sido clasificados incorrectamente como negativos.

	Realidad		
		Incidencia	No incidencia
Método	Incidencia	TP	FP
	No incidencia	FN	TN

- Fiabilidad global del método se refiere a los datos que han sido clasificados correctamente  $\rightarrow \frac{TP+TN}{(TP+TN+FP+FN)}$
- Fiabilidad Productor de la incidencias o la inversa al error por defecto  $\rightarrow \frac{TP}{(TP+FN)}$
- Fiabilidad Productor de las no incidencias  $\rightarrow \frac{TN}{(TN+FP)}$
- Fiabilidad Usuario de la incidencias o la inversa al error por exceso  $\rightarrow \frac{TP}{(TP+FP)}$
- Fiabilidad Usuario de las no incidencias  $\rightarrow \frac{TN}{(TN+FN)}$

**Suelo**

- o El método detecta un 27% de parcelas con incidencias que en Catastro están clasificadas como suelo y en realidad, no lo son.
- o Un 6.5% son errores por exceso, es decir, parcelas que el método empleado detecta como si hubiera edificación pero realmente, son suelo; por lo tanto, serán revisadas sin que haya necesidad.
- o Alrededor del 33.5% (27.02%+6.49%) son incidencias detectadas por la metodología y son las parcelas que en necesario revisar en campo.
- o En la realidad existen alrededor de un 31% (27.02%+4.29%) de las cuales, un 4.3% no son detectadas por la metodología empleada por lo que quedan sin revisar.
- o Un 62.20% de las parcelas analizadas, no tienen incidencia y están bien detectadas ya que coinciden con la realidad.

Método	Realidad	
	Incidencia	No incidencia
Incidencia	27.02%	6.49%
No incidencia	4.29%	62.20%

Tabla. 9. Matriz de confusión para suelo

**- Residencial**

- Del 100% de la base de datos de catastro, se han de revisar un 19% (9.8%+9.23%) de parcelas; de ese 19%, un 9.8% son incidencias reales y un 9.23% son falsos positivos que se revisan sin ser necesario.
- Un 14.5% (9.8%+4.7%) son las incidencias reales de las cuales un 4.7% no son detectadas (error por defecto).
- Un 9.23% de las parcelas, han sido detectadas como incidencias pero en realidad, no han sufrido cambio por lo que van a ser revisadas sin necesidad.
- Una vez revisada la base de datos de catastro, va a obtener una precisión de 95.3% (TP+FP+TN) dado que los FN están bien detectados y tanto los TP como los FP van a ser actualizados quedando un error de un 4.7% de incidencias que no van a ser detectadas.

Método	Realidad	
	Incidencia	No incidencia
Incidencia	9.8%	9.23%
No incidencia	4.7 %	76.27%

Tabla. 10. Matriz de confusión para residencial

**- Industrial**

- Se van a revisar un 40% (22.65%+17.43%) de las parcelas que el método detecta como incidencia pero queda un 23.45% sin detectar.
- Un 17.43% son errores por exceso, es decir, parcelas que el método empleado detecta como si hubiera edificación pero realmente, son suelo; por lo tanto, serán revisadas sin que haya necesidad.
- Un 36.47% de las parcelas analizadas, no tienen incidencia y están bien detectadas ya que coinciden con la realidad.

Método	Realidad	
	Incidencia	No incidencia
Incidencia	22.65%	17.43%
No incidencia	23.45 %	36.47%

Tabla. 11. Matriz de confusión para industrial

**- Global**

- La fiabilidad Productor de la clase incidencia obtiene un valor de 0.60, es decir, de todas las incidencias, se están detectando bien un 60%.
- La fiabilidad Usuario obtiene un valor de 0.59, es decir, de las incidencias que detecta el método empleado, un 60% están bien detectadas.
- Del 100% de la base de datos de catastro, se han de revisar alrededor de un 24% (14.23%+9.55%) de parcelas detectadas como incidencias; de ese 24%, un 14.23% son incidencias reales y un 9.55% son falsos positivos que se revisan sin ser necesario.
- La fiabilidad global del método aplicado es de un 81.15% de aciertos

Método	Realidad	
	Incidencia	No incidencia
Incidencia	14.23%	9.55%
No incidencia	9.30%	66.92%

Tabla. 12. Matriz de confusión global

6.7. Análisis de los errores cometidos en la detección de incidencias

A continuación, se van a analizar a qué se deben los errores cometidos en la detección de incidencias observando de qué tipo son y si realmente el método aplicado es acertado o no.

En el proceso evaluación se ha creado un campo llamado "Observacion" en el que se realiza una breve descripción de los cambios/no cambios asignados cuando la incidencia/no incidencia detectada por el método, no fuese real.

**- Suelo**

Para el caso del suelo, como se ha mostrado en el apartado anterior, de 31 incidencias revisadas, 25 son incidencias reales y 5 no son incidencias en realidad, es decir, no han

sufrido cambio en sus características; por lo tanto, estas 5 parcelas, cometen error por exceso y, aunque no es tan importante como el error por defecto, revisar estas parcelas sin que haya necesidad de ello, aumenta el tiempo y coste de trabajo. Hay que recordar que el error por defecto se refiere a las incidencias reales existentes y que no son detectadas por el método utilizado por lo que no pueden ser revisadas. A continuación, se describe el tipo de errores por defecto que se cometen que se corresponden al suelo.

En la figura 62, se muestra el tipo de errores que se dan para que una parcela que no tiene edificación sea detectada en el método aplicado como si estuviese construida. En la misma imagen se aprecia perfectamente que de 5 parcelas que no han sufrido cambio, 3 de ellas comparten el mismo tipo de error; este error es debido a la presencia de puntos correspondientes a altura de vegetación. Pese a que se han eliminado, mediante 2 métodos conjuntos, los puntos pertenecientes a la vegetación de la nube de puntos LiDAR, siguen habiendo presencia de ellos por lo que se puede decir que únicamente se ha reducido su número. El motivo de que persistan estos puntos puede es probable que se deba a que la máscara de vegetación, generada en este trabajo, no es del todo acertada y debería volver a realizarse reajustando los parámetros utilizados para su obtención; además, estos errores ocasionados por la presencia de puntos referentes a la vegetación puede ser debido a una mala asignación de la clase “Vegetación” de la nube de puntos LiDAR a la hora de producirla como producto.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de los errores por exceso cometidos (figura 63) y de las incidencias bien detectadas (figura 64). Quizá estos ejemplos no se puedan observar de forma muy clara debido al leve desplazamiento que tiene la ortoimagen con respecto a los datos.

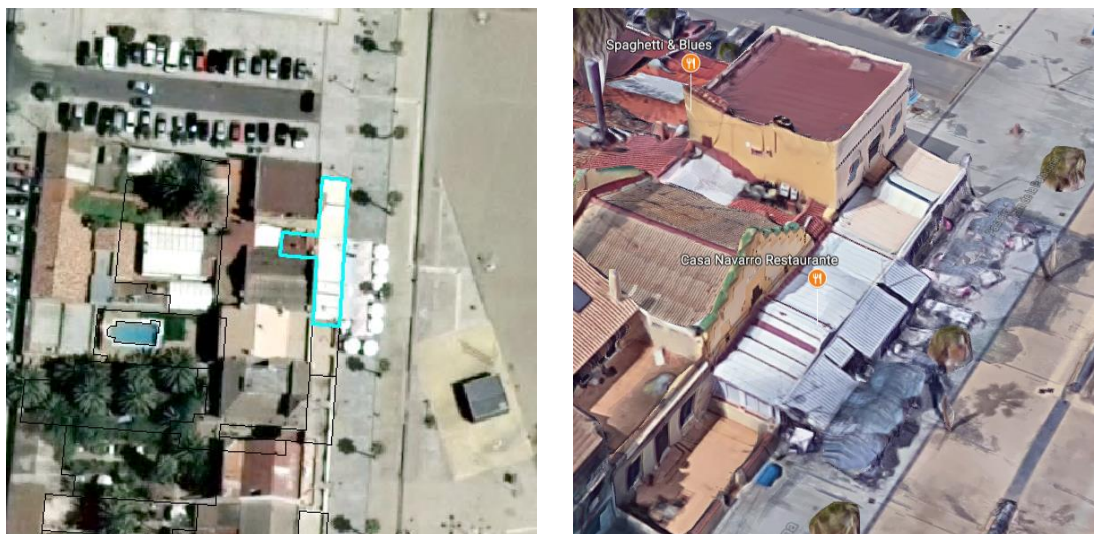
Incidencias 15	Revision	Observacion
Incid_0	No_cambio	Puntos vegetacion no eliminados
Incid_0	No_cambio	Puntos vegetacion no eliminados
Incid_0	No_cambio	Puntos vegetacion no eliminados
Incid_0	No_cambio	Posible cubierta temporal
Incid_0	No_cambio	Area pequeña/estrecha

Fig. 62. Tipos de error por exceso de suelo





Fig. 63. Tipo de error "Puntos vegetación no eliminados" en suelo



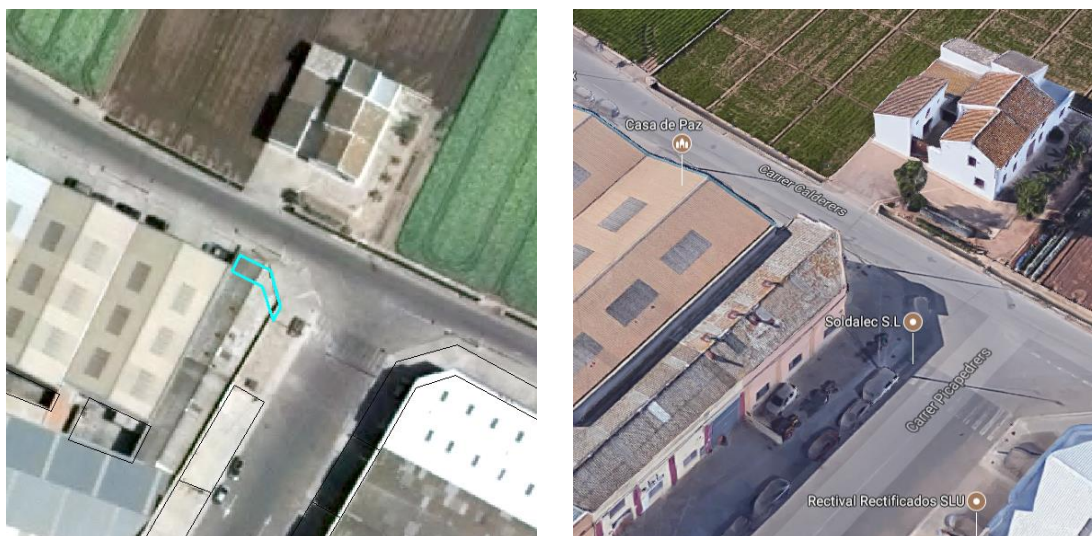


Fig. 64. Ejemplos de incidencias de suelo detectadas correctamente por el método

#### - Residencial

En este caso, como se ha mostrado en el apartado anterior, de 68 incidencias revisadas de uso residencial, 35 son incidencias reales y 33 no son incidencias en realidad, por lo tanto, estas 33 parcelas cometen error por exceso y como en el caso de uso suelo, a continuación, se describe el tipo de errores por defecto que se cometen que se corresponden al suelo.

El tipo de errores que se dan para que una construcción de un determinado número de plantas que no ha variado su altura, se considere que ha aumentado o disminuido el número de plantas, se muestra en la figura 65.

Se aprecia perfectamente en la imagen que de 33 parcelas que no han sufrido cambio, existen 2 tipos de error mayoritarios:

- “Comparte tejado con planta superior”: este tipo de error ocurre, por ejemplo, cuando existe una construcción de 2 plantas pero tiene la altura de una construcción de 3 plantas debido a que la primera planta hay un hueco que puede ser considerado como pasaje. Este caso, se muestra en la figura 66.
- “Construcción alta/baja para su planta”: este tipo de error es propio de construcciones antiguas, donde las alturas de las construcciones solían ser más elevadas; este tipo de construcciones es propia del casco antiguo. Existen casos de construcciones bajas, que no llegan a ser consideradas como habitables. Los ejemplos de este tipo de error se muestran en la figura 67.

CONSTRU_residencial_no_raster		
Incidencias 15	Revision	Observacion
Incid_1-	No_cambio	Aumento altura
Incid_2+	No_cambio	Comparte tejado con planta superior
Incid_5+	No_cambio	Comparte tejado con planta superior
Incid_2+	No_cambio	Comparte tejado con planta superior
Incid_2+	No_cambio	Comparte tejado con planta superior
Incid_2+	No_cambio	Comparte tejado con planta superior
Incid_2+	No_cambio	Comparte tejado con planta superior
Incid_6-	No_cambio	Construccion alta/baja para su planta
Incid_7-	No_cambio	Construccion alta/baja para su planta
Incid_4-	No_cambio	Construccion alta/baja para su planta
Incid_5-	No_cambio	Construccion alta/baja para su planta
Incid_7+	No_cambio	Construccion alta/baja para su planta

(33 out of 10466 Selected)

Fig. 65. Tipos de error por exceso de residencial



Fig. 66. Tipo de error “Comparte tejado con planta superior” en residencial



Fig. 67. Tipo de error "Construcción alta/baja para su planta" en residencial

#### - Industrial

A diferencia de los usos anteriores y como se observa en la matriz de confusión de industrial (tabla 11), el porcentaje más elevado de error cometido se corresponde a los errores por defecto; es decir, parcelas que realmente tienen incidencias porque hayan variado su número de plantas pero el método empleado no detecta esta variación. Dado que estas parcelas no van a ser detectadas como incidencia, mediante la revisión se han podido observar a qué tipo de errores se refieren. De 23 parcelas sin incidencias revisadas, 14 realmente no son incidencias y 9 han sufrido cambio por lo que sí que tienen incidencia. En la figura 68, se muestra el tipo de errores que se dan para que una parcela que realmente ha aumentado/disminuido su número de plantas, no sea detectada por el método utilizado.

De estas 9 parcelas en que se ha detectado cambio, el tipo de error mayoritario es debido a variación de alturas en una misma parcela, es decir, en la misma parcela existe construcciones de diferentes número de plantas. Por ejemplo, en el polígono industrial de Alborai, existen naves industriales que tienen una planta construida pero una zona de la nave es destinada a la construcción de despachos, por lo que esta zona, perteneciente a la misma parcela, varía su número de plantas. En la imagen 69 se muestran ejemplos de este tipo de error de variación de alturas en la misma parcela.

Incidencias 10	Incidencias 15	Revision	Observacion
No incid_1	No incid_1	Cambio	Demolicion
No incid_2	No incid_2	Cambio	Planta menor
No incid_5	No incid_5	Cambio	Planta menor
No incid_1	No incid_1	Cambio	Varias alturas en poligono
No incid_1	No incid_1	Cambio	Varias alturas en poligono
No incid_1	No incid_1	Cambio	Varias alturas en poligono
No incid_1	No incid_1	Cambio	Varias alturas en poligono
No incid_1	No incid_1	Cambio	Varias alturas en poligono
No incid_1	No incid_1	Cambio	Varias alturas en poligono

(9 out of 895 Selected)

Fig. 68. Tipos de error por defecto en industrial

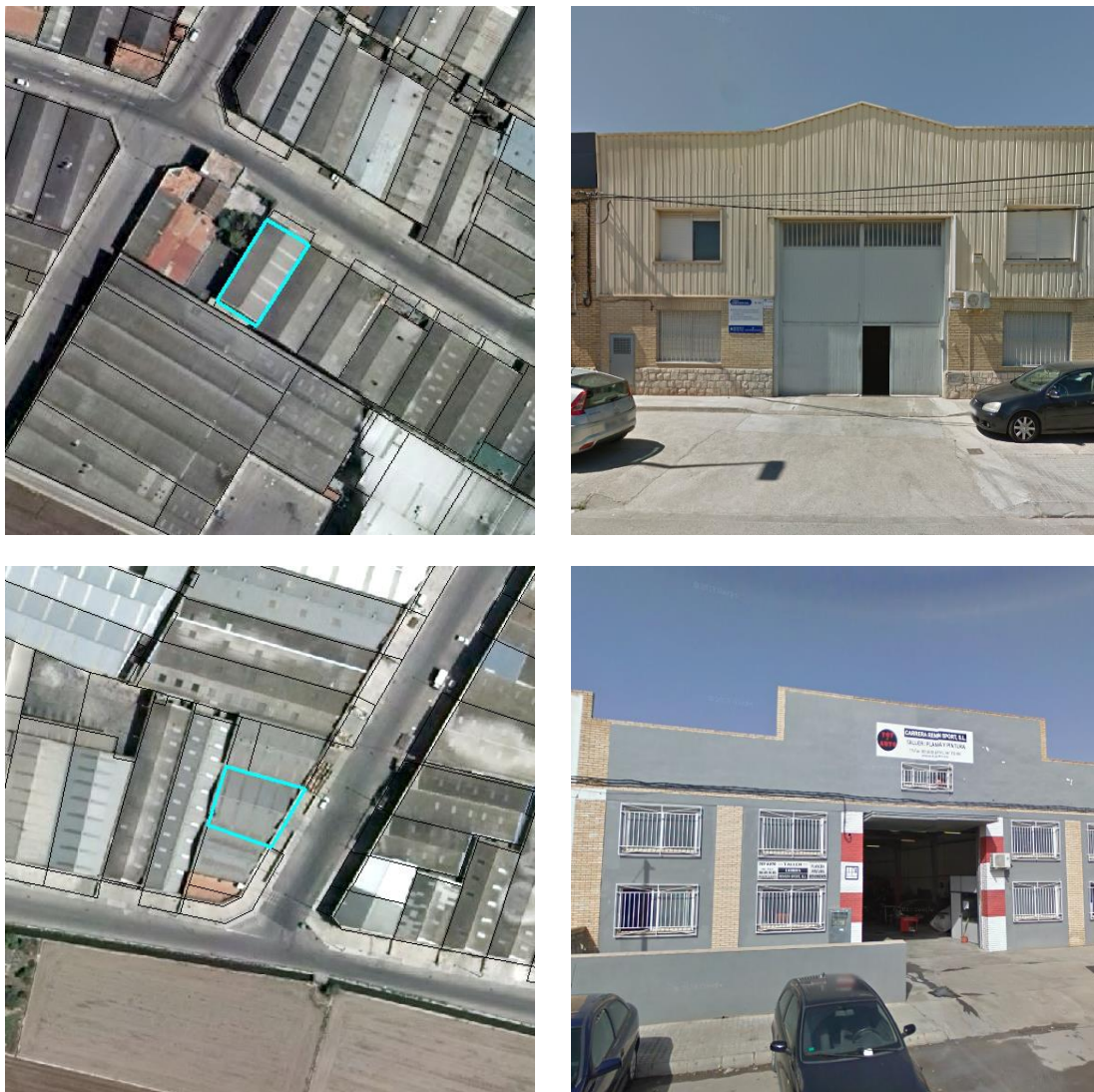


Fig. 69. Tipo de error "Varias alturas en polígono" en industrial

## 7. CONCLUSIONES

La información utilizada para realizar este Trabajo Fin de Máster es diversa y proviene de distintos organismos que ofrecen públicamente la información, dejándola a libre disposición del ciudadano y para, prácticamente, todo el territorio de España; lo que permite aplicar la metodología empleada en este estudio, a otros municipios de características similares.

Debido a que previo al proceso de regularización catastral, es necesario detectar los inmuebles cuya información en Catastro y la realidad no coinciden, desde las Gerencias de Catastro se van realizando y manteniendo mapas de detección de incidencias obtenidos a partir del contraste realizado entre las ortoimágenes aéreas y cartografía catastral.

Este trabajo ofrece un plus, y es la integración de puntos con coordenadas X,Y,Z obtenidas mediante sensores LiDAR aerotransportados, por lo que los resultados obtenidos se presuponen que van a ser más fiables que los que se vienen utilizando de una parte hasta ahora. Durante la ejecución de este estudio, se han presentado diversos métodos para obtener la altura media que represente lo más acertado posible las alturas de las construcciones que pertenecen a cada planta para poder generar los umbrales para compararla con altura media real (proveniente de los datos LiDAR) de cada polígono y así, detectar las incidencias y generar un Mapa de Incidencias detectadas.

Finalmente y mediante una serie de razonamientos, se ha optado por utilizar el método 4 que ha permitido detectar incidencias con una fiabilidad Productor y una fiabilidad Usuario del 60%. Como se ha podido comprobar tras el análisis de los errores cometidos en la detección de incidencias, prácticamente la mayoría de los tipos de errores analizados son independientes del método utilizado; es decir, que se detecten en un grado mayor o menor las incidencias en las parcelas catastrales va a depender en parte de lo acertado o no que sea el modelo empleado pero si existen variaciones de alturas en una misma parcela, si existen construcciones de un determinado número de plantas que comparten cubierta con construcciones de mayor número de plantas o incluso, si determinadas construcciones tienen una altura superior/inferior a la altura media correspondiente a su número de plantas, cualquier método de detección de incidencias basado en datos LiDAR va a cometer estos mismos errores.

El método abordado sigue una lógica acorde a los datos de partida de los que se dispone, y como tal, ha sido necesario extraer de ellos distintos modelos y/o variables a partir de diferentes técnicas que, en mayor o menor medida pueden ser mejoradas.

Finalmente, se puede decir que el método utilizado para la detección de incidencias catastrales es acertado ya que como se ha mencionado, se han clasificado correctamente un 81.15% de los datos, y sin tener en cuenta los tipos de errores asociados a las diferentes construcciones, este porcentaje posiblemente sea superior.

## 8. POSIBLES MEJORAS

Toda metodología en proceso de estudio es susceptible de mejoras. En este caso, se ha optado por el método 4, ya que se ha considerado que las alturas medias por planta obtenidas son representadas de forma más fiel a la realidad que los otros 3 métodos descartados.

Los procesos intermedios realizados, pueden ser mejorados variando parámetros y/o las técnicas de tratamiento de los datos. A continuación, se mencionan algunas posibles mejoras para la detección de incidencias catastrales.

- Para el caso de eliminación de la vegetación

Una posible mejora para obtener la máscara de vegetación mediante otra técnica diferente a la utilizada podría ser, si se dispone de imágenes que contengan la banda del Infrarrojo Cercano, obtener el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada ya que este índice es un índice que permite estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación. Otra opción sería mejorar el método utilizado modificando los parámetros.

- Obtención del umbral para las alturas medias asignadas a un determinado número de plantas

En este caso, podría ser una opción considerar el valor obtenido de la intersección de los histogramas de las alturas medias de construcciones de un determinado número de plantas, este proceso tendría en cuenta los valores que contiene cada planta y tendría en cuenta el solape entre plantas consecutivas. Otra forma de obtener el valor de umbral podría ser como el valor de la desviación típica de la media de las alturas medias de las construcciones de un determinado número de plantas.

- Detección de distintas alturas en la misma parcela

Buena parte de los errores cometidos en este estudio son debidos a la presencia de construcciones de distintas alturas en una misma parcela, para detectarlos, podría generarse un modelo de pendientes en el que, además, se tuviese en cuenta la diferencia de altura. Así, por ejemplo, las parcelas que no varíen su pendiente pero sí su altura, podría ser debido a que se corresponde con cubiertas planas con diferentes alturas; en cambio, las parcelas en que se obtenga una variación de pendiente junto con variación de altura, podría referirse a tejados inclinados de una misma construcción. Otro modo podría ser la obtención de los valores máximos y mínimos de las alturas contenidas en cada parcela; si la diferencia es superior o inferior a un umbral, existe cambio de altura.

- Utilizar datos LiDAR de diferentes fechas

Cuando se disponga de datos LiDAR de diferentes fechas se podrá comparar la información altimétrica de un mismo objeto en fechas distintas y, de esta forma, detectar si se han producido variaciones en su altura, lo que puede ayudar a detectar incidencias y a reducir el número de falsos positivos detectados por el método propuesto.

## 9. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al tutor Jorge Abel Recio Recio el tiempo que ha dedicado en resolver las dudas y problemas que iban surgiendo a lo largo de este trabajo y por su implicación en el desarrollo del mismo. Además, quiero dar las gracias a mis amigos y compañeros por los aportes, sugerencias, ayudas y ánimos que he recibido de ellos. Sobre todo, quiero agradecer a mis padres por aguantarme y apoyarme en la realización de este trabajo y darme la posibilidad de realizar mis estudios.

Por último, agradecer a todos esos organismos que comparten desinteresadamente la información y que permiten trabajar con ella de forma gratuita; así como todos los portales, foros y documentos sobre la materia, existentes en internet que han hecho que este trabajo sea más llevadero.



## 10. REFERENCIAS

- Doménech Girón, José. 2016. *Trabajos cartográficos en el desarrollo de las distintas fases de la regularización catastral*. Trabajo Final de Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía de la Universitat Politècnica de València. Valencia, España.
- Gimeno-Gutiérrez, M., Martínez Cebrián, L., López Minguenza, E. 2015. *Detección automatizada de incidencias catastrales mediante datos LiDAR*. Fundación Aragonesa para el Desarrollo de la Observación de la Tierra (FADOT). Cuarte, Huesca, España.
- Sánchez Lopera, J., Lerma García, J. L. 2011. *Actualización de cartografía catastral urbana mediante LiDAR y SIG*. Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Universitat Politècnica de València. Edificio 7i. Cº de Vera, s/n. 46022 Valencia, España.

### Portales web:

- Dirección General de Catastro: <http://www.catastro.meh.es/>
- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado : <https://www.boe.es/>
- Fiscal Impuestos: <http://www.fiscal-impuestos.com/impuesto-bienes-inmuebles-IBI.html>
- Ajuntament Alboraiá: <http://www.alboraya.org/>
- Instituto Nacional de Estadística: <http://www.ine.es/>
- Centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- Plan Nacional de Ortofotografía Aérea: <http://pnoa.ign.es/>
- Foro “Geographic Information Systems”: <https://gis.stackexchange.com/>
- ArcGIS Pro: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/>